32177/3

Digitized by the Internet Archive
in 2017 with funding from
Wellcome Library

https://archive.org/details/b29324439_0002

ÉLÉMENS
DE GÉOLOGIE
ET
D'HYDROGRAPHIE,

OU

RÉSUMÉ DES NOTIONS ACQUISES SUR LES GRANDES LOIS DE LA NATURE;

FAISANT SUITE ET SERVANT DE COMPLÉMENT AUX ÉLÉMENS DE GÉOGRAPHIE PHYSIQUE ET DE MÉTÉOROLOGIE;

PAR **H. LECOQ**,

Professeur d'Histoire naturelle de la ville de Clermont-Ferrand, Conservateur du Cabinet de minéralogie de la même ville, l'un des Auteurs des Vues et Coupes géologiques du département du Puy-de-Dôme, Rédacteur en chef des Annales scientifiques, littéraires et industrielles de l'Auvergne, etc.

AVEC HUIT PLANCHES GRAVÉES.

Tome Second.

A PARIS,
CHEZ J.-B. BAILLIÈRE,
LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DE MÉDECINE,
RUE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE, N° 13 BIS;
LONDRES, MÊME MAISON, 219, REGENT-STREET.
1838

32677/B

32477/8

ÉLÉMENS
DE GÉOLOGIE
ET
D'HYDROGRAPHIE.

II.

OUVRAGES DE M. LECOQ CHEZ LE MÊME LIBRAIRE.

ÉLÉMENS DE GÉOGRAPHIE PHYSIQUE ET DE MÉTÉOROLOGIE, ou Résumé des notions acquises sur les grands phénomènes et les grandes lois de la nature; servant d'introduction à l'Étude de la Géologie, avec planches gravées, Paris, 1836, in-8, 9 fr.

DICTIONNAIRE RAISONNÉ DES TERMES DE BOTANIQUE ET DES FAMILLES NATURELLES, contenant l'étymologie et la description détaillée de tous les organes, leur synonymie et la définition des adjectifs qui servent à les décrire; suivi d'un vocabulaire des termes grecs et latins les plus généralement employés dans la Glossologie botanique. *Paris*, 1831. 1 fort vol. in-8, 9 fr.

PRINCIPES ÉLÉMENTAIRES DE BOTANIQUE et de Physiologie végétale. 1 vol. in-8, 5 fr.

DE LA PRÉPARATION DES HERBIERS pour l'étude de la Botanique; in-8, 2 fr. 50 c.

Idem, avec exemples desséchés en guise de figures, 4 fr. 50 c.

RECHERCHES sur la reproduction des végétaux; br. in-4, avec une planche, 2 fr.

DE LA MNÉMOTECHNIE appliquée aux descriptions de lieux; br. in-8, 1 fr. 25 c.

RECHERCHES sur les Engrais salins. Mémoire couronné par l'Académie du Gard; in-8, 2 fr.

ÉLÉMENS DE MINÉRALOGIE appliquée aux sciences chimiques; par H. Lecoq et Girardin. 2 vol. in-8, 14 fr.

Ouvrages du même Auteur sur l'Auvergne.

DESCRIPTION PITTORESQUE DE L'AUVERGNE, publiée par livraisons indépendantes, avec lithographies. Cinq livraisons ont paru.

1re. L'INDICATEUR D'AUVERGNE, ou Guide du Voyageur aux lieux et monumens remarquables situés dans les départemens du Puy-de-Dôme, du Cantal et de la Haute-Loire, brochure in-8, 75 c.

2e. LE MONT-DORE ET SES ENVIRONS, avec 16 vues, 8 fr.

3e. VICHY ET SES ENVIRONS, etc., avec 8 vues, 5 fr.

4e. ITINÉRAIRE DE CLERMONT AU PUY DE DÔME, ou Description de cette montagne et de la vallée de Royat et Fontanat; 2e édition in-8, avec 4 vues, 2 fr.

5e. CHAUDESAIGUES ET SES EAUX THERMALES, 90 c.

PROMENADES aux environs de Clermont et du Mont-Dore, ou Souvenirs du Congrès géologique de 1833; br. in-8, 1 fr. 50 c.

DESCRIPTION du Volcan de Pariou; br. in 8, 2 fr.

VUES ET COUPES des principales formations géologiques du département du Puy-de-Dôme; in-8, avec atlas de 31 planches coloriées, et 200 échantillons de roches et minéraux choisis avec le plus grand soin; par H. Lecoq et Bouillet, 280 fr.

Idem, le texte et les planches seuls, 40 fr.

COUP D'OEIL géologique sur le Mont-Dore, avec planches coloriées et 50 échantillons de roches en une boîte plate et portative; par H. Lecoq et Bouillet, 40 fr.

Idem, le texte et les planches seuls, 5 fr.

ITINÉRAIRE du département du Puy-de-Dôme, pour tout ce qu'il y a d'intéressant à visiter, avec une carte coloriée; par H. Lecoq et Bouillet, 6 fr.

ANNALES SCIENTIFIQUES, industrielles et littéraires de l'Auvergne, rédigées par H. Lecoq; 10 vol. in-8, 1828—1837.

ÉLÉMENS
DE GÉOLOGIE
ET
D'HYDROGRAPHIE,

OU

RÉSUMÉ DES NOTIONS ACQUISES SUR LES GRANDES LOIS DE LA NATURE;

FAISANT SUITE ET SERVANT DE COMPLÉMENT AUX ÉLÉMENS DE GÉOGRAPHIE PHYSIQUE ET DE MÉTÉOROLOGIE;

PAR **H. LECOQ**,

Professeur d'Histoire naturelle de la ville de Clermont-Ferrand, Conservateur du Cabinet de minéralogie de la même ville, l'un des Auteurs des Vues et Coupes géologiques du département du Puy-de-Dôme, Rédacteur en chef des Annales scientifiques, littéraires et industrielles de l'Auvergne, etc.

AVEC HUIT PLANCHES GRAVÉES.

Tome Deuxième.

A PARIS,
CHEZ J.-B. BAILLIÈRE,
LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DE MÉDECINE,
RUE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE, N° 13 BIS;
LONDRES, MÊME MAISON, 219 REGENT-STREET.

1838.

WELLCOME
HISTORICAL
MEDICAL
LIBRARY

ÉLÉMENS
DE GÉOLOGIE
ET
D'HYDROGRAPHIE.

SECONDE PARTIE.
DE LA GÉOLOGIE.

CHAPITRE DIX-SEPTIÈME.
DES FORCES AGISSANTES INTÉRIEURES.

Les forces dont nous nous sommes occupés dans les chapitres précédens, quoique puissantes et nombreuses, ne suffisent pas pour nous expliquer un grand nombre de phénomènes qui se déploient tous les jours sous nos yeux. Ce ne sont ni les forces d'érosion qui dégradent les continens, ni les actions de transport qui les recons-

tituent, qui peuvent nous faire comprendre la chaleur des eaux thermales, l'intermittence des Geisers, la composition des lagonis; ce ne sont pas les actions chimiques, précédemment étudiées, qui peuvent nous rendre raison des phénomènes volcaniques, des tremblemens de terre, et d'une foule de réactions dépendantes de ces forces nouvelles et puissantes.

Il faut chercher ailleurs les données nécessaires pour résoudre ces grands problèmes; mais tout annonce, dans ces phénomènes une action qui agit du centre de la terre à l'extérieur, et qui crée à la surface extérieure, comme le font les actions précédentes; en sorte que les deux surfaces d'accroissement du globe se touchent et se confondent, quoique partant chacune de points diamétralement opposés. Mais ici les forces semblent venir de l'intérieur; les résultats seulement se font jour jusqu'à la surface, et nous ignorerons probablement toujours les grands mystères que nous cache l'écorce solide de notre planète.

Tout cependant semble nous indiquer une chaleur intérieure indépendante de celle de la surface, et cette idée anciennement admise et nouvellement soutenue, paraît mériter maintenant toute l'attention des géologues.

On sait que la température de l'air varie suivant la latitude, l'élévation et plusieurs autres circonstances accessoires. Il en est de même de la terre, qui, exposée aux rayons solaires sous différens climats, s'échauffe bien plus que l'air, et se refroidit quelquefois plus vîte. Les saisons et la latitude peuvent donc modifier continuellement la température extérieure de la terre, qui, sur certains points, peut dépasser $+60^{\circ}$ centigrades, et sur d'autres s'abaisser de -50.

Ces grandes variations ne sont que superficielles et

atteignent tout au plus 3 ou 4 centimètres de profondeur. La nuit, le rayonnement de cette surface lui fait bientôt acquérir une température inférieure à celle de l'air.

Il y a donc tous les jours une oscillation de température sur une couche de 4 centimètres d'épaisseur ; mais indépendamment de cette chaleur diurne, la terre acquiert aussi une température annuelle qui s'étend bien plus profondément que celle qui dépend seulement des retours périodiques du soleil sur l'horizon. Celle-ci paraît avoir de l'inflence jusqu'à la profondeur de 30 à 40 mètres, et le point où cette température cesse de varier, s'appelle *la ligne de température invariable*. Elle indique à très-peu près la moyenne annuelle d'un lieu. Si, par exemple, dans une contrée où l'on ne fait que passer, on voulait avoir la température moyenne de l'année, sans faire toute la série nécessaire d'observations thermométriques en plein air, il suffirait de connaître le point souterrain où la température ne varie pas, pour obtenir de suite la moyenne. C'est ce que M. Boussingault a fait pour plusieurs points de la chaîne des Andes, mais ce que nous ne pourrions pas faire aussi facilement dans nos climats. Dans les lieux où ce savant chimiste a opéré, il trouvait la ligne de température invariable à un pied de profondeur, ce qui tient aux légères oscillations du thermomètre dans ces contrées, tandis qu'à mesure que l'on s'éloigne de l'équateur pour arriver au pôle, il faut descendre plus profondément, de telle sorte qu'une ligne qui indiquerait la couche de température invariable, allant de l'équateur au pôle, s'éloignerait peu à peu de la surface, et offrirait sur son trajet une série d'ondulations dont les causes seraient très-difficiles à déterminer dans l'état actuel de nos connaissances. Cette ligne, comme les lignes

isothermes, s'éloignerait de temps en temps des degrés de latitude.

Tout ce qui est au-dessus de cette ligne souterraine est soumis à l'influence des saisons et des climats, mais il est bien clair que toute la partie qui est au-dessous en est complètement indépendante. Et si l'on compare les masses des deux portions que cette ligne sépare, on verra que la partie extérieure n'est rien relativement à l'autre. Lorsqu'on pénètre au-delà de la couche invariable, on ne tarde pas de s'apercevoir que la température augmente en raison de la profondeur, et elle devient même assez élevée dans des mines très-profondes pour incommoder les ouvriers.

Un grand nombre d'expériences ont été faites pour déterminer cette température à différentes profondeurs; mais il en est peu qui soient comparatives, parce qu'on a négligé de tenir compte de plusieurs circonstances accessoires qui doivent nécessairement avoir eu une certaine inflence sur les résultats. On trouvera l'énoncé de tous ces essais dans le beau travail que M. Cordier a publié sur la chaleur centrale (1). Nous allons en extraire seulement le tableau qui contient les propres observations de ce savant, comme étant celles qui doivent inspirer le plus de confiance.

---

(1) *Annales des Mines*, 2e série, t. II, p. 55.

TABLEAU

Des données fournies par les expériences qui ont été faites directement sur la température du sol, à CARMEAUX, *à* LITTRY *et à* DECIZE.

LIEUX DES EXPÉRIENCES.			Nos des expériences	Profondeur des stations.	Températures observées.	OBSERVATIONS.
				mètres.	degrés.	
CARMEAUX.	Eau du puits Vériac.....		1	6, 2	12, 9	Ce puits est à peu de distance de la mine dite du Ravin.
	Eau du puits de Bigorre.....		2	11, 5	13, 15	Ce puits est immédiatement au-dessus de la station prise dans la mine Castillan.
	Roc au fond de la mine du Ravin.		3	181, 9	17, 1	Il y a une petite demi-lieue de distance entre ces deux mines.
	Roc au fond de la m. de Castillan.		4	192	19, 5	
LITTRY.	Surface extérieure des mines..		1	0	11	Température égale à la moyenne.
	Roc au fond de la mine St-Charles.	Station A.....	2	99	16	
		Station B.....	3	99	16, 27	Température qu'il faut attribuer au pays.
		Moyenne pour les deux stations..	4	99	16, 135	
DECIZE.	Eau du puits Pélisson.....		1	8, 8	11, 4	Ces puits sont situés presque immédiatement au-dessus des stations prises dans la mine.
	Eau du puits des Pavillons....		2	16, 9	11, 77	
	Roc au fond de la mine Jacobé.	Station supérieure	3	107	17, 78	
		Station inférieure	4	171	21, 1	

Ce tableau fait voir que la profondeur qui correspond à l'accroissement d'un degré de chaleur souterraine doit être fixée, savoir : à 36 mètres pour Carmeaux, à 19 mètres pour Littry, et à 15 mètres pour Decize.

Depuis ces intéressans résultats obtenus par M. Cordier, beaucoup de savans ont recueilli des observations sur la température intérieure du sol, et le percement d'un grand nombre de puits artésiens n'a pas peu contribué à augmenter le nombre des expériences.

M. Ermann a publié des observations faites dans le puits foré de Rodersdorf; après avoir décrit les précautions prises et les appareils employés, il expose des résultats qui donnent, pour une profondeur de 630 pieds, une température presque double de celle de la surface (1).

M. Ipasky a dressé en tableau les observations faites sur la température des puits artésiens aux environs de Vienne, en Autriche, et il en a déduit une augmentation de température d'un degré octogésimal pour chaque espace de 25 mètres. La température moyenne à Vienne étant de 8° 2 R., le fond des puits a donné, à 240 pieds de profondeur, 11° 2 (2).

M. Phillips a publié aussi les résltats qu'il a obtenus dans un puits de 1584 pieds, mais son ouverture est de 87 pieds au-dessous du niveau ordinaire de l'eau; sa profondeur au-dessous du niveau de la mer est donc seulement de 1,497 pieds. Si la profondeur de la couche invariable est supposée de 100 pieds, et que la moyenne température du lieu soit de 47° 6, on a 72° 6—47,6 ou 25° d'augmentation de température pour 1,484

(1) *Mémoires de l'Académie de Berlin*, 1832.

(2) *Annales de Poggendorf*, vol. XXXI, n° 23, p. 365.

pieds, c'est-àdire, 1° F. pour 59,36 pieds, ou en nombre rond, 1° F. pour 20 yards anglais. En traduisant ce résultat en mesures françaises, on trouve que c'est 1° C. pour 32,57 mètres (1).

Une seule expérience a été faite en Amérique par madame Griffith. Elle donne un accroissement de 1° centigrade par 12 mètres de profondeur (2).

M. Arago a fait aussi tout récemment de nouvelles observations thermométriques dans le puits que la ville de Paris fait percer à l'abattoir de Grenelle. Lorsque ce puits avait 250 mètres de profondeur, un thermomètre, à midi, indiqua, après 24 heures de séjour, une température de 20° C., et lorsqu'il eut atteint 300 mètres, la même expérience donna 22°; en sorte que l'accroissement de température qui, d'après les premières observations, était de 1° par 26 mètres, avait augmenté, et était alors de 1° pour 23 mètres. Des expériences faites dans le puits foré de l'Ecole-Militaire, qui n'est éloigné que de 600 mètres de celui de Grenelle, et qui est foré dans le même terrain, ont donné 1° centigrade par 29^{m} 83.

Nous pourrions rapporter un plus grand nombre de résultats, mais ceux qui précèdent suffisent pour prouver que la température va toujours en augmentant, à mesure que l'on descend dans l'intérieur du globe. Ils suffisent aussi pour nous faire voir la grande différence qui existe entre la progression de l'élévation de température, dans des lieux divers et quelquefois très-rapprochés.

---

(1) *Phil. Magaz.*, décembre 1834, p. 446.

(2) Lettre à M. Cordier, *Annales des Mines*, 2e série, t. VI, p. 444.

Il résulterait de ces expériences, que la chaleur, en augmentant ainsi, devrait atteindre une grande élévation dans l'intérieur du globe, et que sa masse intérieure serait fondue par cette énorme température. Une croûte solide, d'une épaisseur variable, nous séparerait de cette masse incandescente.

D'après les observations faites à l'Observatoire de Paris, il suffirait de pénétrer jusqu'à la profondeur de 2,503 mètres dans l'intérieur du globe, pour y trouver la température de l'eau bouillante (1); et en adoptant la moyenne de 25 mètres de profondeur pour l'élévation d'un degré, on aurait, pour la chaleur du centre de la terre, l'énorme chiffre de 250,000 degrés centigrades, température capable de fondre toutes les roches et probablement tout ce qui existe sur la terre.

L'épaisseur moyenne de la croûte du globe terrestre, calculée d'après ces données, n'excéderait certainement pas vingt lieues de cinq mille mètres; mais elle est probablement beaucoup moindre, puisque la chaleur, combinée avec la pression, doit rendre les composés pierreux fluides et cristallisables à une profondeur moins considérable.

Il est bien difficile de savoir quelles sont les causes des grandes différences qui semblent exister dans l'épaisseur de la croûte solide, ou dans les relations qui existent entre la mesure de la profondeur et celle de la température. Comment expliquer que l'écorce de la terre soit moitié moins épaisse à Decize qu'à Carmeaux, lieux qui ne sont séparés que par une si petite distance? On concevrait plutôt que sur un autre continent, en Amérique, par exemple, il puisse y avoir

(1) Cordier, *Annales des Mines*, 1827.

une différence aussi importante ; mais la seule expérience que nous avons rapportée est loin d'être concluante.

Peut-être la nature des roches a-t-elle une influence marquée sur la conductibilité du calorique ; c'est ce qui semblerait résulter des expériences comparatives entre le schiste et le granite, faites dans le comté de Cornouailles, par M. W. J. Henwood. Cet observateur a constamment trouvé, à profondeur égale, la température des schistes élevée de quelques degrés au-dessus de celle des granites (1).

Nous ignorerons probablement toujours la cause de ces singulières variations, car le plus ou moins de conductibilité des roches n'est pas une circonstance capable de nous expliquer les inconcevables variations qui se montrent dans toutes ces expériences.

Quoi qu'il en soit, les faits existent et sont incontestables ; mais il ne s'ensuit pas que tous les savans admettent l'incandescence intérieure de la terre. Ainsi M. Poisson, dans sa théorie de la chaleur, n'adopte pas cette opinion, et paraît disposé à alléguer une autre cause à la température des parties intérieures du globe. Il fait observer que les régions cosmiques, dans lesquelles se meut le système solaire, ont une température qui leur est propre ; que cette température peut être différente dans différens points de l'univers, et que, s'il en est ainsi, la terre doit être quelque temps à acquérir la température du point de l'espace où elle est arrivée. Cette température se propagera graduellement de la surface aux portions intérieures. Ainsi, si le système solaire quitte une région plus chaude pour

(1) *Records of général Science*, septembre 1836, p. 198.

entrer dans une plus froide de l'espace, la portion de la terre au-dessous de la surface manifestera des traces de cette plus haute température qu'elle avait acquise dans le temps, et cette manifestation ne justifie en aucune façon l'opinion que l'accroissement de température augmente constamment à mesure qu'on approche du centre. Quoique cette manière de voir puisse ne pas recevoir l'approbation des géologues, il est nécessaire d'en tenir compte, afin de ne pas donner une confiance exclusive à l'opinion contraire; car dans les sciences on ne doit être guidé que par la recherche de la vérité.

Cependant il faut avouer que l'incandescence du globe rend mieux raison de tous les phénomènes, s'applique à tous les détails, et acquiert ainsi une telle probabilité qu'il est bien difficile de ne pas l'adopter, et de ne pas considérer la terre, ainsi que l'avaient déjà fait Buffon et Leibnitz, comme un soleil éteint, mais dont la croûte seule est refroidie.

Le baron Fourrier est arrivé aussi, par des considérations tout-à-fait différentes de celles que nous avons rapportées plus haut, à conclure qu'une chaleur très-intense a primitivement pénétré toutes les parties de notre globe. Il pense que cette grande chaleur s'est dissipée dans les espaces planétaires qui nous environnent, dont il considère la température, d'après les lois du rayonnement de la chaleur, comme égale à—50° centigrades. Il a conclu en outre que la terre a presque atteint la limite de son refroidissement. La chaleur primitive contenue dans une masse sphéroïdale, égale en grandeur à notre globe, diminuerait plus rapidement à la surface qu'à de grandes profondeurs, où une température élevée se maintiendrait pendant un long espace de temps. Il a déduit de ces circonstances, ainsi que de la température des mines et des sources, qu'il y a une

cause intérieure de chaleur qui élève la température de la surface au-dessus de celle que l'action seule du soleil pourrait produire; mais cette élévation est excessivement faible, car pendant les vingt derniers siècles la diminution de la température terrestre aurait été moindre de $\frac{1}{300}$ de degré (1). De Laplace, par une méthode tout-à-fait différente, est parvenu aux mêmes résultats (2). Mais ce refroidissement n'est insensible à la surface que parce que les pertes de chaleur y sont incessamment compensées par l'effet d'une propagation qui procède uniformément du dedans au dehors, compensation presque complète qui approche continuellement de l'état d'équilibre, et que l'expérience et la théorie expliquent parfaitement. Les pertes de chaleur n'ont donc d'influence qu'à de grandes profondeurs, d'où il résulte que l'écorce solide du globe continue de s'accroître journellement à l'intérieur par la cristallisation des matières fondues, en sorte que la formation des roches cristallisées continue toujours d'avoir lieu, et ne cessera qu'après un temps immense, c'est-à-dire lorque ce refroidissement aura atteint sa limite (3).

Ainsi la terre aurait été d'abord brillante et incandescente comme le soleil, répandant sur la lune une vive clarté, et l'échauffant de ses rayons comme le soleil nous enveloppe maintenant des siens. Sa surface se serait peu à peu refroidie en abandonnant sa chaleur à l'espace, et une croûte solide, actuellement épaisse de

---

(1) Fourrier, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXVII, p. 165.

(2) Laplace, *Annales de Chimie et de Physique*, t. VIII, p. 414.

(3) Cordier, *Annales des Mines*.

15 à 25 lieues, se serait formée sur un noyau qui conserve encore sa fluidité originaire, et dont la température atteint sans doute une extrême intensité. Dès lors rien de plus facile que d'expliquer la chaleur de ces nombreuses sources thermales qui paraissent de tous côtés. Rien de plus simple que de donner une théorie vraisemblable des phénomènes volcaniques, des grands dégagemens de gaz, de concevoir les tremblemens de terre et le soulèvement des chaînes de montagnes. Il nous suffira, suivant notre méthode, d'étudier les effets actuels de ces grands phénomènes, de les agrandir successivement en les éloignant de notre époque, et nous parviendrons ainsi à prendre une idée juste de la structure de notre planète, et des forces qui président encore aux changemens qui s'opèrent dans son intérieur et à sa surface.

CHAPITRE DIX-HUITIÈME.

DES DIVERS PHÉNOMÈNES PRODUITS PAR LES FORCES INTÉRIEURES.

Tous les phénomènes qui ont pour cause l'action des forces intérieures se lient les uns aux autres, et ne sont souvent, quoique très-différens en apparence, que les résultats d'une même action. Nous ne pouvons cependant les étudier ensemble, et pour éviter toute confusion, nous les partagerons en deux groupes, en nous élevant successivement des actions les plus faibles aux plus puissantes. Dans la première division, nous étudierons ceux qui n'ont pas assez d'intensité pour occasionner des mouvemens sensibles dans la croûte du globe, et dans la seconde, ceux qui par des effets dépendans de la chaleur centrale, peuvent changer la surface du sol, en le déchirant ou le fracturant de différentes manières.

Dans la première division se trouvent, les *eaux minérales*, *les Geisers et lagonis*, *les dégagemens de gaz et de bitume*; dans la seconde, les *volcans*, *les tremblemens de terre et les soulèvemens*;

Enfin, une troisième divison comprendra une foule de petites actions chimiques, entièrement dépendantes de ces forces intérieures, comme la *formation des filons par injection ou par sublimation*, *la dolomisation des roches*, *les phénomènes de liquation*, etc.

DES EAUX MINÉRALES.

Nous avons déjà dit, en parlant des sources, à quels caractères on distinguait les eaux minérales. C'est principalement à leur température, qui surpasse la moyenne du sol dont elles s'échappent; en sorte que ce ne peut être dans les couches de terrains situés au-dessus de la ligne de température invariable qu'elles prennent naissance, mais toujours au-dessous. Il y a cependant des eaux minérales froides, et alors c'est leur composition qui les fait distinguer des autres.

Les eaux minérales se rencontrent dans toutes les contrées, quelquefois dans les plaines et souvent dans les vallées. Elles semblent plus fréquentes dans les régions montagneuses que partout ailleurs, et se trouvent presque toutes situées sur le bord de l'eau, à peu de distance des ruisseaux ou des rivières.

On les voit sortir de toutes espèces de terrains cristallisés ou de sédimens, anciens ou modernes. Tantôt elles coulent d'une manière continue, comme la plupart des sources; tantôt elles ont des intermittences très-marquées et régulières. Les unes sont réduites à de simples filets, qui s'échappent avec peine d'étroites fissures; d'autres arrivent au jour sous un volume énorme, et jaillissent avec force au-dessus du sol. Quelquefois elles sont froides, comme l'eau des sources ordinaires, mais le plus souvent elles possèdent une température élevée, dont le degré varie entre celui qui indique la moyenne du sol et celui de l'eau bouillante. Leur composition varie extrêmement; rarement pures, elles renferment généralement des sels et des acides en quantité très-notable, et assez forte pour leur donner des propriétés particulières et une action marquée sur l'économie animale.

Nous allons d'abord citer quelques exemples de sources minérales, et nous étudierons successivement les principaux caractères qu'elles nous présentent.

La France possède un grand nombre de ces fontaines : tout le monde connaît les fameuses sources sulfureuses de Bagnères et de Barrèges, dans les Pyrénées ; celles de Cauterets et de Saint-Sauveur, qui en sont peu distantes. Ces eaux, qui s'échappent du sol par un grand nombre de filets, marquent de 36 à 58° au thermomètre centigrade. Les eaux de Dax, dans les Landes, marquent 60° ; celles du Mont-Dore, qui s'échappent des terrains volcaniques sur les rives de la Dordogne, atteignent jusqu'à 44 degrés de chaleur ; celles de Vichy, qui sortent des alluvions de la rivière d'Allier, marquent aussi près de 40° ; celles de Bourbonne dépassent 50°, ainsi que celles de Néris. On trouve encore en France un grand nombre de sources dans les Vosges, en Alsace, en Normandie : on en connaît dans tous les départemens.

La Suisse et la Savoie sont riches en eaux minérales. On cite celles de Brides, dont la température est de 33 à 36° ; celles d'Aix marquent 44 à 47° ; celles de Leuk, dont la chaleur atteint 52°, et un grand nombre d'autres.

Tout le reste de l'Europe en est abondamment pourvu ; la Belgique et l'Allemagne en possèdent un grand nombre. Elles sont surtout très-communes dans l'Eifel, sur les bords du Rhin, contrée volcanique qui a les plus grands rapports avec l'Auvergne.

Celles de Carlsbad, en Suède, sont célèbres depuis long-temps ; elles sont nombreuses, et plusieurs d'entre elles marquent jusqu'à 73°.

L'Angleterre ne possède qu'un petit nombre de sources thermales. Celles de l'Espagne sont à peine

connues. On en cite de très-chaudes en Portugal, et l'Italie, comme toutes les contrées volcaniques, est couverte d'un nombre infini de ces sources, dont la température varie autant que la composition.

On sait qu'il en existe aussi en Russie, mais on connaît à peine les sources de cette vaste contrée.

L'Asie, avec ses grandes chaînes de montagnes, produit un grand nombre de sources thermales. Elles sont fréquentes sur les flancs du Caucase, sur les pentes de l'immense chaîne des monts Himalaya. On rapporte qu'en Chine, à environ sept lieues de Macao, on trouve des quantités considérables d'eaux chaudes au milieu d'une plaine d'alluvion. La température d'une des sources atteint 85°, celle d'une autre 65°, et cette dernière donne 68 litres par minute. On en connaît plusieurs dans l'île de Ceylan.

Le sol de l'Amérique donne passage à une foule de sources qui arrivent au jour avec une température presque égale à celle de l'eau bouillante. Près de Valencia, M. de Humboldt a trouvé une source marquant 90°, située à 40 pieds de distance d'une source froide. A la Jamaïque, plusieurs fontaines minérales sortent de la base des montagnes Bleues, et quelques-unes ont une température de 52°. Les Geisers d'Islande sont célèbres depuis long-temps.

L'Afrique possède aussi des sources chaudes, mais elles sont peu connues, comme tout ce qui concerne cette partie du monde.

Il serait du reste tout-à-fait inutile de citer un plus grand nombre d'exemples; il nous suffit d'avoir constaté la présence des sources thermales sur un certain nombre de points, pour faire voir que c'est un phénomène commun à toutes les zônes, à tous les climats, à toutes les contrées et à tous les terrains.

Du volume et de l'intermittence des sources thermales.

Quelle que soit l'origine des sources thermales, un fait bien remarquable est l'extrême abondance de quelques-unes d'entre elles. Celles de Chaudesaigues, dans le Cantal, versent par minute 252 litres d'eau ; celles de Carlsbad, bien plus abondantes, ont pu à peine être mesurées, tant la quantité en est grande; on l'évalue à 111,292 seaux par vingt-quatre heures. Plusieurs des sources thermales que MM. de Humboldt et Boussingault ont observées en Amérique, forment de véritables rivières à leur sortie du sol. Presque toutes sont intermittentes et donnent lieu alternativement à de violens dégagemens de gaz, puis ensuite à l'épanchement de l'eau qui se trouvait comprimée. Il en est même dont les intermittences sont parfaitement réglées. C'est souvent l'acide carbonique qui, comprimant les eaux dans leurs réservoirs souterrains, en arrête le cours et les force d'attendre qu'il se soit dégagé. On connaît plusieurs de ces sources en France, telle que la Fontaine-du-Tambour, en Auvergne, ainsi nommée à cause d'une sorte de roulement souterrain produit par le gaz qui vient s'accumuler dans une cavité intérieure; telle est celle de Jaude, à Clermont, dont les intermittences sont d'environ six minutes; telle est encore, à St-Nectaire, une source peu éloignée des anciennes fontaines minérales, qui jaillit avec force à plusieurs pieds au-dessus du sol, et qui s'arrête ensuite tout-à-coup; celles de Carlsbad, et notamment celle du Sprudel, présentent le même phénomène dû encore à la même cause, au refoulement de l'eau par le gaz qui se dégage.

L'Islande possède un grand nombre de ces sources intermittentes, dont les plus célèbres sont les *Huer* ou

Geisers de la vallée de Reikum, à une forte demi-lieue nord de la ville de Skalholt; on en rencontre plus de cent dans un circonférence de deux milles. Le jet du Grand-Geiser s'élève souvent à plus de cent cinquante pieds de hauteur, et son diamètre est quelquefois de dix-sept pieds; il s'élance avec une sorte de bourdonnement. les parois intérieures du bassin sont couvertes d'incrustrations siliceuses en forme de choux-fleurs, ainsi que les environs, à plus de trente mètres autour de la source. (*Fig.* XIX et XX.)

Parmi les nombreuses descriptions de ces sources, une des plus remarquables est celle de M. de Troïl, qui a été traduite du suédois (1).

« Les huer, ou jets-d'eau, qui sont en beaucoup plus grand nombre, sont plus remarquables. Je citerai seulement les trois plus curieux. Il y en a un près de Langervatn, lac d'eau douce, qui a une lieue de circonférence, à deux journées de l'Hécla : c'est là que j'ai vu le premier huer ou jet-d'eau, et je dois avouer que le coup-d'œil en est superbe. Le ciel était serein, et le soleil commençait à dorer les montagnes voisines. Il n'y avait pas de vent, et le lac, où se promenaient des cygnes, se présentait à la vue comme un miroir. Tout à l'entour, on voyait en huit endroits s'élever de ces sources chaudes, des vapeurs qui se perdaient en l'air.

» Toutes jetaient de l'eau; une entre autres s'élevait en colonne de dix-huit à vingt-quatre pieds de haut, sur un diamètre de six à huit pieds. L'eau en était extrêmement chaude. Nous y fîmes cuire pour notre déjeûner un assez gros morceau de mouton, avec

(1) *Lettres sur l'Islande*, p. 304 et suivantes.

quelques truites saumonnées, et des bécassines : leur saveur n'en fut nullement altérée. Tel était le degré de chaleur, qu'au bout de six minutes ces viandes furent cuites presque à tomber en morceaux.

» Une description telle que j'aurais souhaité de pouvoir vous la donner, serait encore inférieure au sujet; mais il est certain que jamais, en aucun autre lieu, je ne me suis senti plus rempli d'admiration et de vénération pour l'auteur de la nature.

» Il se trouve à Reikum un autre huer. On assure que le jet-d'eau de celui-ci s'éleva, il y a quelques années, jusqu'à soixante-dix pieds de hauteur. Un éboulement de terre qui couvre presque toute l'ouverture par où l'eau jaillit, est cause qu'elle ne va pas au-delà de soixante pieds.

» Je ne vous ai point parlé, Monsieur, de ce qui m'a paru le plus remarquable, et que vous aurez, ainsi que moi, peine à croire. Je n'avançerai rien de plus que ce que j'ai vu, et j'en garantis par conséquent la vérité.

» Le plus grand jet-d'eau qui existe, est celui de Geiser, près de Skalholt, une des résidences épiscopales de l'Islande. Ceux de Marly, de St-Cloud, de Vinterkasten dans le Landgraviat de Cassel, et de Herrenhausen au pays d'Hanovre, ne sont rien auprès. Dans un espace moindre d'une demi-lieue à la ronde, on trouve jusqu'à cinquante fontaines bouillantes qui vraisemblablement ont toutes la même source. L'eau dans les unes est claire; dans d'autres, elle est trouble comme l'eau de chaux qui dépose; et dans quelques-unes, l'eau passe au travers d'une veine d'ocre qui la rend rouge comme du sang, tandis que celle des autres fontaines, qui coule au travers d'une glaise plus claire, est blanche comme du lait.

» Toutes ces fontaines forment des jets-d'eau, avec

cette différence, que dans une partie elle jaillit continuellement, et dans l'autre, elle ne le fait que par intervalle. La plus grande fontaine, qui est au milieu, fut celle qui nous occupa le plus. Nous y restâmes depuis six heures du matin jusqu'à sept heures du soir. Le diamètre du tuyau qui reçoit l'eau montante est de dix-neuf pieds. J'en ignore la profondeur. Le cratère qui se trouve à l'extrêmité du tuyau, présente la forme d'un chaudron. Son diamètre est de cinquante-six pieds; et son bord, au-dessus de celui du tuyau, est de neuf pouces. Cette fontaine ne jette pas de l'eau continuellement, mais à différentes reprises dans la journée. Les habitans des environs nous ont assuré que l'eau va beaucoup plus haut quand il ne fait pas très-froid. Lorsque nous y arrivâmes, nous vîmes l'eau jaillir jusqu'à dix fois en cinq heures, à la hauteur de soixante pieds. L'eau étant montée au bord du tuyau, ne remplissait le cratère que peu à peu, et elle débordait à la fin. Nous nous attendions à un jet d'une grande hauteur, qui n'eut pas lieu aussitôt. M. Lind, qui nous accompagnait comme astronome, dressa son quart de cercle pour en prendre l'exacte hauteur. Dans l'après-midi, à quatre heures et quelques minutes, la terre trembla; et cette secousse se fit également sentir en divers endroits, sur la cîme de la montagne, à cinq cents brasses de l'ouverture. Elle fut accompagnée d'un bruit souterrain, comme de plusieurs coups de canon qui se succéderaient; l'instant après, le jet commença, et la colonne d'eau qui, d'après nos observations, montait à quatre-vingt-dix pieds, se divisa en différentes directions; mais ce qui ajouta à l'étonnement que nous causèrent les effets singuliers du feu et de l'air, c'est que nous vîmes remonter les mêmes pierres que nous venions de jeter dans l'ouverture. »

Voici le tableau des élancemens du Geiser, pendant la journée que M. de Troïl passa sur les bords.

» Au moment de notre arrivée au Geiser, l'eau était basse dans le tuyau à la profondeur de quatre pieds. Dans cet état, elle jaillissait comme on peut en juger par les observations suivantes :

N°.	HEURE.		HAUTEUR.	DURÉE.
1	VI	42 min.	30 pieds.	0 min. 20 sec.
2		51	6	20
3	VII	6	6	10
4		31	12	15
5		51	60	6
6	VIII	17	24	30
7		29	18	40
8		36	12	40
			Le tuyau en ce moment-ci commença à se remplir et déborda peu à peu dans le cratère.	
9	IX	25 min.	48 pieds.	1 min. 10 sec.
10	X	16	24	1
	XII	35		
			Nous entendîmes sous terre comme trois décharges d'un canon qui ébranlèrent la terre; l'eau déborda un peu le cratère, ce qui ne dura qu'un instant, car aussitôt elle s'abaissa.	
11	II	8	L'eau déborda de nouveau du cratère.	
12	III	15	Le bruit souterrain recommença, mais moins fort que la première fois.	
13	IV	43	Considérable débordement d'eau durant une minute entière.	
14	IV	49	Plusieurs décharges souterraines extrêmement fortes; elles se firent entendre, non-seulement près de la source, mais encore dans la chaîne des montagnes voisines, et il se fit un élancement.	
15	VI	51 min.	92 pieds.	4 sec.

» Ce dernier jet, qui était le plus considérable, étant fini, l'eau descendit très-profondément dans le tuyau, où elle resta tranquille pendant quelques minutes, au bout desquelles elle recommença à bouillonner, sans monter cependant plus haut que jusqu'aux bords du tuyau.

» Vous imaginerez aisément, Monsieur, le plaisir avec lequel nous passâmes une journée en cet endroit. Je ne suis plus surpris qu'une nation aussi portée à la superstition que le sont les Islandais, se persuade que cette ouverture est l'entrée de l'enfer. C'est aussi par cette raison qu'aucun Islandais ne passe jamais devant une de ces ouvertures sans y cracher, en prononçant ces paroles : *Uti fandem mund*, ce qui veut dire : *dans la gueule du diable.* »

Depuis l'époque où M. de Troïl rapporta cette naïve description du Geiser, plusieurs voyageurs ont exploré l'Islande et ont reconnu qu'il s'était opéré des changemens dans le nombre et la puissance de ces sources jaillisantes. Un autre jet considérable, que l'on nomme le Strok, a commencé à paraître lors d'un tremblement de terre qui eut lieu en Islande en 1784.

Mais ces éruptions sont devenues depuis bien plus violentes et bien plus considérables. Les habitans l'affirment unanimement, et on le trouve en outre confirmé dans les mémoires de la Société littéraire islandaise ; le tremblement de terre fut cause que d'anciennes fontaines bouillantes disparurent, et que de nouvelles parurent dans d'autres endroits.

Le lieutenant danois Ohlsen, qui visita l'Islande en 1804, fut témoin de l'éruption de cette dernière source, dont les accès sont fort irréguliers. Il y avait près de 18 heures qu'il était arrivé, et le Strok n'avait pas encore éprouvé le moindre mouvement, excepté

le petit bouillonnement ordinaire dans le tuyau d'où montent toujours quelques vapeurs, comme cela a lieu pour d'autres sources plus petites. « Mais avant la fin d'une éruption du Geiser, qui arriva à neuf heures du matin, le Strok fit une éruption avec le plus grand fracas; la terre trembla autour de la source, et subitement on vit une colonne épaisse de fumée monter avec rapidité. L'eau fut rejetée du tuyau avec une violence épouvantable; elle se réduisit dans la colonne même en un brouillard fin qui s'éleva dans l'air à une hauteur extraordinaire; on vit de temps en temps quelques jets-d'eau se frayer une route à travers la colonne de vapeurs, soit perpendiculairement, soit obliquement, et parvenir à des hauteurs différentes; quelques-uns des jets-d'eau, que je pouvais voir, semblaient s'élever à une hauteur d'environ 150 pieds.

» Cette source lança peu d'eau, mais beaucoup de vapeurs, et les jets élevés se soutinrent peu de temps dans l'air.

» La source continua sans interruption à jeter de l'eau et des vapeurs pendant deux heures dix minutes; cette colonne de vapeurs paraissait se réunir aux nuages.

» Cette éruption du Strok se termina à onze heures dix minutes du matin, après quoi la source redevint tranquille, en bouillonnant cependant comme auparavant.

» Pendant l'éruption du Strok, le Geiser fut en mouvement, et vers les onze heures jeta de l'eau assez haut, durant quinze minutes, sans que le bassin, de même qu'aux autres éruptions, fût tout-à-fait rempli. Comme il ne se passa que deux heures entre la dernière éruption du Geiser et celle-ci, il paraît que la violente éruption du Strok avait causé celle du Gei-

ser, ou plutôt qu'ils sont en communication l'un avec l'autre. »

Les observations de M. Ohlsen sur le Geiser lui-même ne se rapportent pas exactement à celles de M. de Troïl, et il semble assez naturel qu'il soit survenu quelques changemens dans les caractères de ces éruptions, depuis le tremblement de terre qui a donné naissance au Strok. M. de Troïl vit les éruptions du grand Geiser se succéder presque toutes les heures et atteindre à peine la hauteur de 90 pieds, tandis qu'à l'époque où M. Ohlsen visita les mêmes lieux, ils étaient bien moins fréquens, et élevaient des jets d'eau jusqu'à la hauteur de 212 pieds. Ce magnifique phénomène se présentait à lui à peu près toutes les six heures.

Sir G. Makensie n'a jamais vu les jets du Geiser s'élever au-delà de 90 pieds, et même, dans la plupart des éruptions, la colonne n'en atteignait pas 50. Le Strok, qui commence aussi, comme le grand Geiser, par des jets qui s'élèvent graduellement, lui a offert le spectacle d'une colonne de 70 pieds.

Il s'en faut de beaucoup, comme on le voit, que les éruptions de ces sources singulières présentent toujours la même durée et la même intensité.

Les lagonis sont un phénomène qui semble avoir de grands rapports avec les Geisers et les sources minérales. On donne ce nom à de petites mares remplies d'eau, à travers lesquelles se dégage une grande quantité de vapeurs qui s'échappent des fissures des roches. Ces vapeurs, dont la température est très-élevée, sont ordinairement chargées d'acide borique. (*Fig.* XXI.)

C'est en Toscane que se rencontrent ces singulières émanations; c'est là du moins qu'elles ont été étudiées. C'est près de la route royale de Volterra à Massa, dans un terrain aride couvert de fragmens d'un calcaire

stratiforme coquillier, au milieu de pyrites et de schistes grisâtres, que se trouvent les lagonis de Monte-Cerboli et de Castelnuovo, distans d'environ 4 milles, tandis que plusieurs autres se rencontrent à Monte-Rotondo, à la Leccia, à Castignano, à Serrazzano, formant une espèce de cercle autour des sources de la Cornia, au revers méridional de la montagne sur le sommet de laquelle s'élève le pays de Castelnuovo. L'acide borique produit ne se trouve pas tout entier dans les lagonis, mais une bonne portion est continuellement portée à la surface du sol par des courans gazeux ou *soffioni*, ayant leur cratère dans des lieux parfaitement secs. La température des gaz qui se dégagent des soffioni est de 120 à 140°, tandis que celle des lagonis ne dépasse pas 70°.

On trouve de semblables dégagemens à travers une crevasse du sol dans l'île de Vulcano. Il s'y dépose aussi de l'acide borique analogue à celui des lagonis.

De la température des eaux minérales.

Nous avons déjà dit qu'il existait des eaux minérales froides comme l'eau des sources ordinaires, dont la composition chimique peut les distinguer, quoique assez difficilement. Ces eaux minérales froides sont, selon toute apparence, des eaux chaudes qui se sont refroidies en traversant les couches extérieures de la terre. Aussi voit-on rarement des sources dont le volume est considérable arriver au jour avec une basse température. Ce sont, au contraire, les plus abondantes qui sont ordinairement les plus chaudes, parce que leur volume s'oppose à un trop prompt refroidissement lors de leur arrivée par les fissures des roches. On trouve un grand nombre de ces sources chaudes sortant di-

rectement des terrains cristallisés, et l'on en voit même s'échapper du fond de la mer et jaillir avec force au milieu des eaux salées. Ainsi des sources d'eau chaude sortent dans le golfe de Naples, et près de l'île de Palma dans l'archipel des Canaries. A l'île de la Guadeloupe, il y a une fontaine bouillante qui jaillit sur la grève.

Beaucoup de sources ont une température extrêmement élevée. Celles de Chaudesaigues marquent de 60 à 82 degrés; celles de Trincheras, près Puerto-Cabello, s'élèvent à 97°; les sources d'Arijino, au Japon, marquent plus de 100°, et s'échappent en partie en vapeurs. L'eau des Geisers est à 100 degrés, selon plusieurs observateurs, et les dernières recherches de M. Lottin lui assignent une température plus élevée, puisqu'il a trouvé celle du grand Geiser de 124° centigrades, à 20 mètres de profondeur; celle du Strok de 111°, à la profondeur de 13 mètres, et l'eau d'un petit trou à fleur de terre à la température de 101° (1); et nous avons vu tout à l'heure la chaleur des vapeurs qui alimentent les lagonis atteindre 140°.

Les puits artésiens ont offert aussi des eaux plus chaudes que la température moyenne de la surface du sol où ils ont été creusés; et l'élévation de température est d'environ un degré centigrade pour chaque 20 à 30 mètres de profondeur, ainsi que le prouvent les exemples suivans.

PARIS.

La température moyenne de Paris à la surface du sol est. . . . . + 10°,6 cent.

La température de la fontaine jaillissante de la gare de Saint-Ouen est + 12°,9
(Profondeur, 66 mètres.)

---

(1) Institut, 4e année, p. 335.

DÉPARTEMENS DU NORD ET DU PAS-DE-CALAIS.

La température moyenne de la surface dans les départemens du Nord et du Pas-de-Calais est d'environ. . . . . + 10°,3

Fontaine artésienne de la Marquette + 12°,5
(profondeur, 56 mètres.)

Fontaine artésienne d'Aire. . . . + 13°,3
(Profondeur, 63 mètres.)

Fontaine artésienne de St-Venant. . + 14°,0
(Profondeur, 100 mètres.)

Sheerness, à l'embouchure de la Medway, dans la Tamise, températ. moyenne de la surface. + 10°,5

Température du puits artésien. . + 15°,5
(Profondeur, 100 mètres.)

TOURS.

Température moyenne de la surface + 11°,5

Température de la fontaine artésienne. . . . . + 17°,5
(Profondeur, 140 mètres) (1).

Ces résultats nous prouvent évidemment que les eaux sont d'autant plus chaudes qu'elles arrivent de lieux plus profonds. Aussi les sources thermales qui amènent des eaux qui marquent 90 à 100 degrés viennent d'une profondeur plus grande que celles qui marquent 50, ou bien elles perdent en route une moins grande quantité de calorique.

Pendant quelque temps, on a cru que ces eaux étaient chauffées par les volcans ; mais cette opinion, qui paraissait avoir un certain degré de vraisemblance pour les sources qui sont situées dans les ter-

(1) *Annuaire du bureau des longitudes*, 1835.

rains volcaniques, devient de nulle valeur, si l'on considère qu'il existe un grand nombre d'eaux minérales dans des terrains qui ne présentent aucune trace de volcanisation; et d'ailleurs il est évident que si cette chaleur dépendait de changemens chimiques souterrains encore en activité, on apercevrait des variations considérables, selon que les causes s'affaibliraient ou deviendraient accidentellement plus actives, comme on l'observe dans tous les volcans encore brûlans. Quant à l'hypothèse qui attribue leur chaleur à la décomposition chimique des sulfures, l'influence limitée et variable d'une telle cause, comparée à la grandeur et à la permanence de l'effet, sont des preuves suffisantes pour faire abandonner cette explication. M. Brongniart, avec la plupart des géologues, attribue la température élevée des eaux qui sortent des différens terrains, à la grande profondeur d'où elles viennent par des canaux souterrains. En admettant que la terre a une chaleur propre, croissante avec la profondeur, ce que paraîtraient confirmer toutes les observations que nous avons citées, cette opinion serait la seule vraisemblable. Mais, après ces faits si dignes d'attention, ce qu'il y a de plus remarquable, c'est la constance des phénomènes qui caractérisent ou accompagnent les eaux minérales; en effet, à quelques exceptions près, dont plusieurs même peuvent être appréciées, on observe dans les eaux dont plusieurs sont connues depuis un très-grand nombre d'années, le même volume, la même composition, les mêmes dégagemens de gaz, la même saveur et la même température. Les grands froids, les grandes chaleurs, la sécheresse et l'humidité, qui ont une grande influence sur la plupart des sources, en ont peu sur celles-ci; mais les tremblemens de terre les modifient souvent. Ils les ont quelquefois

fait disparaître entièrement, ou bien ils ont changé les eaux thermales en eaux froides; mais souvent aussi ces altérations n'ont été que momentanées, et au bout de quelques semaines, de quelques jours, ou même de quelques heures, la source a repris son cours et sa température ordinaires.

Un autre fait peut encore, jusqu'à un certain point, prouver que la température des eaux thermales est due à la chaleur centrale, c'est leur refroidissement proportionné à la longueur du conduit qui les amène. Ainsi, en supposant que la fissure qui amène des eaux minérales d'un même niveau ait une demi-lieue de longueur depuis son point de départ jusqu'au niveau de la mer, il en résultera nécessairement que cette fissure sera plus longue, si elle vient s'ouvrir sur une montagne; or, le trajet étant plus long, l'eau sera d'autant plus froide qu'elle sortira à une plus grande hauteur. M. Boussingault a essayé de déterminer cette influence par des observations, et il cite la source de Trincheras, qui se trouve presqu'au niveau de la mer, dont la température est de 97°; tandis que la source de Mariana (située, comme la précédente et la suivante, en Amérique), déjà élevée de 676 mètres, a seulement une température de 64°. Enfin, l'eau de la source d'Onoto, placée à 702 mètres d'élévation, n'est plus qu'à 44° 5 centig. (1).

Il faut convenir cependant que les expériences ne sont pas assez nombreuses pour qu'on puisse regarder l'influence de l'élévation au-dessus du niveau de la mer comme une cause certaine de refroidissement pour

---

(1) Boussingault, *Annales de Chimie et de Physique*, février 1833, p. 182.

les eaux thermales ; mais la théorie l'indique et ces trois observations la justifient.

Composition des eaux minérales.

Ainsi que nous l'avons déjà dit en nous occupant des sources, l'eau de pluie et de neige est toujours sensiblement pure ; mais quand elle a traversé des terrains dont elle peut dissoudre une certaine quantité, elle se charge des principes solubles, en sorte qu'il est rare qu'une eau de fontaine soit parfaitement pure. S'il en est ainsi pour l'eau des sources ordinaires, à plus forte raison pour celle qui vient d'une grande profondeur, et qui souvent possède une température très-élevée. Aussi la plupart des eaux minérales contiennent des principes salins ou gazeux, en quantité assez considérable, pour avoir une action marquée sur l'économie animale. Cette règle toutefois n'est pas sans exception ; car on cite dans plusieurs contrées des eaux à la fois très-chaudes et très-pures ; mais elles sortent ordinairement de terrains cristallisés. Telles sont, en Italie, les Pisciarelli du lac Aguano qui, malgré leur température de 93°, sortent pures et limpides ; telles sont, parmi les sources de l'île de Ceylan, celles de Cannea, près de Trenquemalle. Ces sources, selon John Davy, sont au nombre de quatre ; leur température est de 38° à 42°. L'eau est limpide et ne forme aucun dépôt ; elle n'a ni odeur ni saveur ; sa pesanteur spécifique est exactement la même que celle de l'eau distillée. Les réactifs n'ont pu y faire découvrir d'autres substances étrangères qu'une trace de muriate de soude et une très-petite quantité de gaz acide carbonique et d'azote. Ces gaz s'en dégagent aux sources mêmes, sous la forme de bulles plus ou moins abondantes.

Dans l'intérieur de l'île, non loin de Batticoloa, il y a des sources semblables, mais dont la température est beaucoup plus élevée (1).

Les eaux minérales d'Onoto, en Amérique, que nous avons déjà citées, et qui sourdent à 360 toises de hauteur au-dessus du niveau de la mer, n'ont aucune odeur d'hydrogène sulfuré; elles sont sans saveur et ne précipitent ni par le nitrate d'argent ni par aucun réactif. Evaporées, elles laissent un résidu inappréciable, qui consiste en peu de silice et une trace d'alcali. Elles n'ont que 44°,5 de température, et les bulles d'air qui se dégagent par intermittence, sont *du gaz azote pur* (2).

Celles de Mariana, peu éloignées des précédentes, ne renferment aussi que très-peu de matières étrangères. Elles sont à 476 mètres au-dessus de la mer, et elles sortent du gneiss. La température des moins chaudes est de 34° et celle des plus chaudes de 64. Elles forment quelques concrétions siliceuses sur les pierres qui se trouvent dans le ruisseau; elles dégagent du gaz azote pur; elles répandent une légère odeur de gaz hydrogène sulfuré. Par l'évaporation, l'eau laisse un faible résidu dans lequel on trouve de la silice, du carbonate de soude, de la magnésie, de la chaux (3).

Ce petit nombre d'exemples d'eaux *presque pures* fait voir que c'est réellement par exception que les eaux chaudes ne contiennent que si peu de matières. Presque

---

(1) Note sur les sources chaudes de l'île de Ceylan, d'après les observations faites dans cette île par M. John Davy, *Annales de Chimie*, t. XXIII, p. 269.

(2) Humboldt, *Voyage aux régions équinoxial.*, t. X, p. 117.

(3) Sur les eaux chaudes de la Cordillère de Venezuela, par MM. Boussingault et Mariano de Rivero, *Annales de Chimie*, t. XXIII, p. 272.

toutes en renferment bien davantage, et nous allons passer en revue les principales substances que l'on y rencontre.

Ce sont, *parmi les gaz :* l'oxigène, l'azote, l'hydrogène.

Parmi les corps simples : le soufre libre ou combiné, l'iode combiné, le brôme.

Parmi les métaux : le fer, le cuivre, le manganèse toujours combinés à l'état salin.

Parmi les acides : les acides carbonique, sulfureux, sulfurique, hydrochlorique, nitrique, hydro-sulfurique, borique, phosphorique, fluorique.

Parmi les alcalis : la soude et bien plus rarement la potasse.

Parmi les sels : les carbonates de chaux, de magnésie, de fer, de manganèse, de strontiane, de soude, d'ammoniaque ; le borate de soude ; les hydrosulfates neutres de soude, de chaux, de magnésie, de fer. Ces mêmes hydrosulfates unis à l'hydrogène sulfuré ou au soufre ; les hyposulfates et sulfates des mêmes bases, provenant probablement de la décomposition des hydrosulfates ; les hydrochlorates de soude, de chaux, de potasse (rare), de magnésie, de baryte (rare), d'ammoniaque, d'alumine (très-rare) ; les nitrates de potasse, de chaux, de magnésie, de soude ; les sulfates de soude, de chaux, de magnésie, d'alumine, d'ammoniaque, de potasse et d'alumine, de cuivre, de fer et de manganèse ; les fluates de chaux, de baryte ; les hydriodates de soude, de potasse ; les phosphates de baryte, d'alumine de fer, de chaux.

La silice.

La matière organique. Presque toutes les eaux renferment de la matière organique généralement azotée.

Quelquefois ces matières sont libres, et même assez

abondantes pour colorer l'eau thermale. C'est ce qu'a observé M. Berzélius pour les eaux de Porla en Suède. Elles ont une teinte jaune qui paraît due à la présence de deux nouveaux corps, l'acide chrénique et l'acide apochrénique. Ces deux acides, dérivés de la composition de substances végétales, se trouvent dans plusieurs eaux ferrugineuses de Scandinavie. Les eaux de Porla contiennent en outre divers sels, surtout des carbonates, du chlorure de potassium ou de sodium; et leurs parties gazeuses sont de l'azote et de l'acide carbonique (1).

Cette matière organique des eaux minérales est souvent combinée à la soude et forme une espèce de savon qui rend certaines eaux minérales très-onctueuses. Il paraît, du reste, qu'elle a la plus grande tendance à s'organiser, et on la voit se transformer promptement en matière vivante. C'est ainsi que M. Cotta a trouvé des animaux microscopiques dans les eaux de Carlsbad. M. Dumas et M. Bertrand, inspecteur des eaux du Mont-Dore, en ont remarqué dans celles de St-Nectaire; mais le plus souvent c'est en substances végétales que la transformation a lieu, et presque toutes les eaux thermales produisent ces filamens glaireux, d'abord incolores et passant promptement au vert, qui ont été décrits par M. Lonchamp, sous le nom de *barrégine*, parce qu'il les observa d'abord à Barrèges, et par M. Robiquet, qui les a soigneusement étudiés à Néris, où ils semblent se produire avec plus d'abondance que partout ailleurs.

Telles sont les principales matières qui constituent les eaux minérales; mais toutes ces substances n'exis-

---

(1) *Institut*, n° 36, p. 49; et *Annales de Chimie*, octobre 1833, p. 219.

tent jamais dans l'eau d'une même source, d'autant plus qu'il en est qui ne peuvent se trouver ensemble sans se décomposer aussitôt; tel est, par exemple, le sous-carbonate de soude, relativement aux sulfates, nitrates et hydrochlorates de chaux et de magnésie. La même eau n'en contient jamais plus de huit à dix, et la proportion de chacune d'elles est toujours très-limitée. Les substances salines, qui sont les plus abondantes et les plus variées dans les eaux, sont les hydrochlorates et les sous-carbonates à base de chaux, de soude et de magnésie, le sous-carbonate de fer, les hydrosulfates de chaux et de magnésie, la silice et les gaz.

Kirwan a fait observer dans la composition des eaux minérales, certaines associations particulières de substances salines qu'il ne donne pas comme constantes et exclusives, mais comme assez remarquables par leur généralité. Ainsi, l'on trouve ordinairement ensemble le carbonate et le sulfate de chaux, le fer et le sulfate d'alumine, l'hydrochlorate de soude et celui de chaux. L'hydrochlorate de soude est toujours accompagné de sulfate de chaux, à moins qu'il n'y ait du carbonate de soude; le carbonate de magnésie est ordinairement accompagné de carbonate de chaux; le carbonate de soude, de sulfate et d'hydrochlorate de soude; l'hydrochlorate et le sulfate de magnésie, d'hydrochlorate de soude, tandis que l'inverse de ces associations n'est pas également vrai. Le sulfate de chaux se trouve dans la plupart des sources et accompagne tous les sels, excepté le carbonate de soude.

Les eaux minérales sont très-répandues, mais on connaît surtout les plus abondantes, ou celles dans lesquelles certains principes deviennent prédominans. Tantôt ce sont les gaz, d'autrefois les sels, et si, parmi ceux-ci, ce sont des sels à base de fer ou des hydrosulfates, les

eaux acquièrent des propriétés assez distinctes pour qu'on les sépare des eaux salines. Enfin, il en est qui sont acides. Nous allons énumérer quelques-unes des principales sources minérales, rangées d'après leur composition chimique :

Eaux salines. Elles sont presque sans action sur les couleurs bleues végétales et renferment peu de corps gazeux. Telles sont les eaux froides de Passy (Seine), de Forges (Seine-Inférieure), de Néris (Allier), de Plombières (Vosges), de Bourbonne-les-Bains (Haute-Marne).

Eaux gazeuses et *acides*. Les unes doivent leur acidité aux acides borique, sulfureux, sulfurique, hydrochlorique; telles sont les eaux de certaines sources qui alimentent les *lagonis* de Toscane, celles qui se trouvent autour des volcans en activité (grottes du Vésuve et de l'Etna, Rio-Vinagre, au volcan de Puracé dans le Popayan, etc.); les autres la doivent à l'acide carbonique qui leur communique une saveur aigrelette et la propriété de mousser fortement, qualités qu'elles perdent par l'action de la chaleur et l'exposition à l'air; telles sont celles de Seltz, près Francfort, de Pougues (Nièvre), de Châteldon (Puy-de-Dôme), d'Alfter, près Cologne, etc.

Les eaux alcalines doivent leurs propriétés à la soude et principalement à son bi-carbonate, quelquefois à celui d'ammoniaque. On n'a pas encore trouvé la magnésie, la potasse et la chaux à l'état de liberté dans les eaux. On regarde comme sources alcalines, celles de Reikum, en Islande, de Plombières (Vosges), de Vichy (Allier); on y place aussi celle de Chaudes-aigues (Cantal), quoiqu'elles ne contiennent qu'une très-petite quantité de matières alcalines.

Les *eaux ferrugineuses* paraissent contenir le fer à

l'état de protoxide dissout dans un excès d'acide carbonique, comme dans celles de Bussang (Vosges), de Contrexville, de Forges (Seine-Inférieure), de Provins (Seine-et-Marne), de Spa (pays de Liége), ou à l'état de sulfate, comme celles de Passy, de Pyrmont (Hanovre), de Cranzac (Aveyron), etc.

Eaux hydro-sulfureuses ou hydro-sulfatées. Rarement l'hydrogène sulfuré y est libre; presque toujours il est combiné à la soude, comme aux sources d'Aix-la-Chapelle (Prusse), de Bagnères-de-Luchon (Haute-Garonne), de Barrèges (Hautes-Pyrénées), de Bonnes (Basses-Pyrénées), de Cauterets (Hautes-Pyrénées), de Bagnols (Lozère), etc.

CHAPITRE DIX-NEUVIÈME.

DE L'ORIGINE DES SOURCES MINÉRALES,

ET

DE CELLE DES MATIÈRES QU'ELLES RENFERMENT.

Nous ne prendrons pas la peine de rappeler les explications plus ou moins singulières qui ont été proposées sur l'origine des eaux minérales. Les observations que nous avons faites sur leur température, celles que nous venons de rapporter sur leur composition, suffisent pour nous faire pressentir qu'elles viennent des profondeurs du globe, et que c'est là qu'elles puisent la chaleur dont elles sont douées. Descartes avait depuis long-temps assigné cette cause à la température élevée de plusieurs d'entr'elles. Cet illustre physicien supposait que les eaux de la mer se rendaient dans des réservoirs situés à de grandes profondeurs, et qu'elles y pénétraient par des fissures du terrain. Là, elles étaient réduites en vapeurs par le feu central, et ces vapeurs, élevées dans l'intérieur du sol, se condensaient en eau contre ses parois, et s'écoulaient par les fentes des roches, comme l'eau distillée coule par le bec d'un alambic.

L'acide carbonique et les matières salines qui accompagnent les eaux minérales, tendent à faire ad-

mettre qu'elles viennent de grandes profondeurs, et qu'elles sont dues à la condensation de vapeurs qui peuvent, dans certaines circonstances, arriver très-près de la surface du sol sans se liquéfier. Les diverses substances qu'elles renferment peuvent avoir été entraînées par la vapeur, puisque nous pouvons produire des phénomènes semblables dans nos laboratoires, comme M. Soubeirus l'a fait remarquer pour l'acide borique, que l'eau entraîne malgré sa fixité. La pression que doit éprouver la vapeur dans ces conduits souterrains, peut lui donner des propriétés qui nous sont à peine connues, et il est très-probable que les substances que contiennent les eaux minérales viennent de l'intérieur même du sol, car quelques soient les terrains qu'elles traversent pour arriver à sa surface, on n'a jamais remarqué qu'ils puissent modifier ou produire les substances qui sont contenues dans ces eaux.

Les volcans peuvent avoir une certaine influence sur les eaux thermales, et l'on remarque même quelques sources dont l'origine se rattache tout-à-fait à ce genre de phénomène, qui du reste est aussi lui-même intimement lié à la chaleur centrale. C'est ce que l'on observe principalement pour les sources qui renferment des acides. Ainsi, le *Rio-Vinagre*, dont les eaux contiennent une quantité très-notable d'acides sulfurique et hydrochlorique, prend naissance à 1,700 toises de hauteur, dans un endroit inaccessible du volcan de Puracé : ses sources sont très-chaudes, et se précipitent en cascades qui tombent à plus de 60 toises de profondeur dans le *Rio-Cauca*. Cette rivière est dépourvue de poisson pendant un cours de quatre lieues, à cause du mélange de ses eaux avec celles du *Rio-Vinagre*. Le volcan de Puracé est un dôme de trachyte semi-vitreux, gris bleuâtre et à cassure conchoïde; il n'offre pas un grand cra-

tère à son sommet, mais plusieurs petites ouvertures; la bouche du volcan de Puracé est une fente verticale, dont l'ouverture visible n'a que 6 pieds de long et 3 de large; elle est recouverte, en forme de voûte, par une couche de soufre très-pur, qui a 18 pouces d'épaisseur: le bruit qu'on entend près de cette ouverture ne peut être comparé qu'à celui que causeraient plusieurs machines à feu, au moment où l'on ferait échapper la vapeur condensée. L'ouverture communique à un bassin rempli d'eau en ébullition; cette eau n'a pas de goût acide, mais elle exhale une forte odeur d'hydrogène sulfuré, et elle contient de l'acide muriatique. Les vapeurs qui sortent avec violence de la crevasse, sont de l'acide sulfureux; il est probable que le soufre qui s'amasse sur les bords de cette crevasse, est produit par la réaction de l'acide sulfureux et de l'hydrogène sulfuré (1).

M. Robert a retrouvé en Islande un phénomène presque semblable.

« Après avoir traversé des coulées de laves d'une étendue considérable, nous atteignîmes les soufrières de Brisark, qu'on pourrait aussi bien nommer solfatares; c'est à la lettre une montagne de soufre croissant continuellement, située entre des terrains balsatiques qui portent les traces du plus grand bouleversement; cette contrée a vraiment un aspect de désolation: le sol brûlant sur lequel on marche dégage beaucoup d'acide

---

(1) Analyse de l'eau de Rio-Vinagre dans les Andes de Popayan, par M. de Rivero, avec des Éclaircissemens géognostiques et physiques sur quelques phénomènes que présentent le soufre, l'hydrogène et l'eau dans les volcans, par M. de Humboldt. (*Annales de Chimie*, t. XXVII, p. 113.)

sulfureux ; les eaux chaudes qui en sortent contiennent, d'après les expériences que nous avons pu faire sur les lieux, de l'acide sulfurique libre ; du gypse se forme au moyen de tous ces élémens (1). »

Il paraîtrait cependant que l'acide sulfurique libre pourrait exister dans des eaux thermales éloignées des montagnes ignivomes; car, à en juger par le sulfate acide de chaux qui se forme sur les parois des chambres ou cabinets dans lesquels pénètrent les vapeurs des eaux d'Aix, en Savoie, il semblerait que ces vapeurs contiennent de l'acide sulfurique libre, ainsi que l'ont avancé MM. Gimbernat, Murray et Michelotte. Mais M. Francœur (2) suppose que cet acide se forme au contact des parois qui contiennent des bases salifiables par l'action de l'air sur le soufre de l'hydrogène sulfuré. Il se passerait alors un phénomène chimique analogue à celui de la nitrification.

L'acide borique dont nous avons indiqué la présence à Vulcano et dans les lagonis, vient évidemment de l'intérieur du sol ; mais à Vulcano, les parois de la crevasse où il se forme en sont entièrement couverts, et dans quelques endroits les couches ont plusieurs pouces d'épaisseur. Dans la situation où il se trouve, il ne peut avoir été formé que par sublimation, à la faveur des vapeurs aqueuses.

Celui des lagonis a la même origine, mais sa production n'est pas régulière ; car Hoëfer, chimiste toscan, trouva qu'un litre d'eau recueillie en novembre 1777, dans un des lagonis de Monte-Rotundo, contenait environ 72 grains d'acide borique, tandis qu'une

---

(1) Robert, Voyage en Islande. *Institut*, 4e année, p. 126.
(2) *Journal de Pharmacie*, 1828, p. 340.

égale quantité d'eau prise dans le même endroit, au mois de mai suivant, en renfermait une proportion à peu près double. M. Larderel, qui s'est beaucoup occupé de ces lagonis, soupçonne que l'acide borique peut se former continuellement dans le sein de la terre, par la combustion continue du bore.

La commission qui a fait à l'Académie agrario-économique de Florence, le rapport sur son travail, serait à peu près de l'avis de Guerrazzi relativement à la théorie de la formation de cet acide. Il pensait que l'acide borique peut exister dans le sol qui le produit, uni à des bases terreuses, et en être séparé par des réactions chimiques particulières. Il fondait cette opinion sur ce que cet acide n'est pas le seul produit des lagonis : on l'y trouve mêlé à quelques pyrites, à du soufre, des sulfates, de l'acide hydro-sulfurique à l'état de gaz. Le phénomène de sa production serait peut-être plus facilement expliqué par l'existence souterraine de ces pyrites et de l'eau, celle-ci, par son contact avec les sulfates, pouvant être décomposée de manière à faire figurer sous deux aspects un de ses élémens, l'oxigène, de sorte que :

1° Une portion de cet oxigène se combinerait avec une partie du soufre des pyrites, et formerait de l'acide sulfurique, tandis que l'autre servirait à oxider le fer de ces mêmes pyrites.

2° L'hydrogène correspondant, par son union avec une autre partie du soufre, donnerait naissance à de l'acide hydrosulfurique, et celui-ci, ne pouvant s'unir à aucune base sous l'influence d'une température aussi élevée, serait entraîné par le courant du *soffione*.

3° Le sulfate de fer résultant de l'union du soufre acidifié et du fer oxidé par l'oxigène de l'eau, agirait, à l'aide de la chaleur, sur les borates terreux qu'on

suppose exister à l'intérieur du sol, et déterminerait à la fois la production de nouveaux sulfates et l'expulsion de l'acide borique;

4° Et comme cet acide n'a qu'une faible affinité pour les bases salifiables, il peut, sans s'unir à l'oxide de fer abandonné par l'acide sulfurique, être entraîné par le courant de vapeur dont la température élevée serait le résultat de la décomposition de l'eau et des diverses combinaisons que nous venons d'indiquer.

Bien que cette manière d'envisager les phénomènes des lagonis soit assez d'accord avec les théories admises dans nos laboratoires, il restera toujours difficile d'expliquer comment de pareilles actions rencontrent toujours les mêmes substances et des circonstances assez favorables pour donner, depuis tant d'années, naissance aux mêmes produits et dans les mêmes localités.

Les faits positifs, les conjectures même, manquent pour déterminer à quelle époque géologique appartient la formation des lagonis. Cependant on a fait, depuis quelques années, une remarque qui peut être très-importante pour la sicence, c'est qu'on voit tous les jours changer la position des soffioni, qui s'élèvent vers le sommet de la montagne. Ceux de Monte-Cerboli se dirigent vers ceux de Castelnuovo, et ces derniers prennent la direction opposée, de sorte qu'ils semblent tendre réciproquement à se rapprocher et à franchir la montagne qui les sépare; le même foyer paraît leur servir d'aliment. Cette circonstance est importante en ce qu'elle met en droit de conclure que l'éruption des sources chaudes sur le sol de la Maremma appartient à l'époque actuelle, bien que les élémens en soient empruntés à des substances minérales dont la formation remonte à des temps plus anciens.

L'*acide carbonique* est de tous les acides celui qui se

rencontre le plus fréquemment dans les eaux minérales, et l'on peut expliquer son origine de différentes manières. On peut supposer que des masses calcaires sont soumises à une température élevée, et que l'acide carbonique qui s'en dégage, rencontrant des fissures, les suit, et s'échappe avec violence. On peut également croire que les acides sulfurique ou hydrochlorique, en contact avec ce même carbonate de chaux qui est très-commun dans la nature, le décomposent, le transforment en sulfates et hydrochlorates que l'eau entraîne au dehors en même temps que l'acide carbonique qui s'est formé. Pour admettre l'une ou l'autre de ces explications, il faudrait prouver qu'il existe des calcaires à de grandes profondeurs, ce qui est improbable, car nous voyons l'acide carbonique se dégager en abondance des sources qui s'échappent des roches cristallisées les plus anciennes, telles que le granite et le gneiss, et qui, selon toute apparence, n'ont pas traversé de carbonate de chaux. Il faut donc encore supposer que cet acide vient des profondeurs de la terre. M. Cordier semble admettre cette idée dans son beau travail sur la température du globe. « Le refroidissement séculaire actuel augmentant continuellement l'épaisseur de l'écorce de la terre, on peut demander si la matière incandescente qui est soumise à cette action passe en entier à l'état solide, ou si elle est décomposée de manière à former des parties solides et des parties gazeuses, décomposition qui n'a rien d'improbable, dit ce savant géologue, puisque la coagulation des laves nous en offre tous les jours un exemple bien frappant (1). »

---

(1) Cordier, Essai sur la température de l'intérieur de la terre, *Annales des Mines*.

Les remarquables expériences de M. Thilorier viennent ajouter un nouveau degré de vraisemblance à la présence souterraine d'une grande quantité d'acide carbonique, car sa solidification que ce savant a obtenue sous une forte pression, peut nous faire supposer que, malgré la chaleur centrale, il peut exister dans l'intérieur du globe d'énormes masses d'acide carbonique solide, ou du moins du carbone qui se combine successivement avec l'oxigène, à mesure que celui-ci pénètre, par une sorte de cémentation, jusqu'à la partie non oxidée de la terre. Les singuliers caractères que présente encore l'acide carbonique dans sa dilatabilité, peuvent aussi mettre sur la voie de quelques phénomènes relatifs aux tremblemens de terre, aux dégagemens de gaz, etc. On ne peut pas non plus attribuer l'acide carbonique à la décomposition de matières organiques profondément enfouies ; indépendamment des considérations chimiques qui s'opposent à cette explication, il faudrait encore tenir compte de l'énorme quantité de gaz qui se produit et de la constance du dégagement, en sorte que l'on ne peut pas à présent reconnaître à cet acide gazeux une autre origine qu'aux acides borique, sulfurique et hydrochlorique, dont les bases sont enfouies à des profondeurs qui sont peut-être considérables, et font partie de cette réunion d'élémens non oxidés qui, selon toute apparence, forment le noyau intact de notre planète.

L'*acide hydrosulfurique* ou hydrogène sulfuré, qui caractérise un grand nombre de sources, doit avoir aussi une origine analogue à celle des acides précédens. Le soufre, qui, dans certains cas, s'unit à l'oxigène et se dégage à l'état d'acide sulfureux, peut, dans d'autres circonstances, se combiner à l'hydrogène; peut-être même cet acide est-il dû simplement à l'action

de l'air sur des sulfures métalliques qui existeraient à de grandes profondeurs, et notamment sur du sulfure de sodium, car alors on expliquerait à la fois, et l'apparition de l'hydrogène sulfuré, et la présence de la soude caustique, dont M. Longchamp a constaté l'existence dans les eaux des Pyrénées. L'azote de l'air qui produirait cette action se dégagerait avec l'eau, phénomène qui se produit assez constamment dans les eaux sulfureuses, comme l'ont prouvé, d'un côté M. d'Anglada (1), et de l'autre M. Longchamp (2), bien qu'ils diffèrent sur plusieurs points théoriques.

D'autres sulfures que celui de sodium peuvent donner naissance à de l'hydrogène sulfuré, qui, du reste, paraît tenir en dissolution un peu de soufre en excès. La présence de l'hydrogène sulfuré explique celle des l'hydrosulfates.

L'azote, dont nous venons déjà d'indiquer l'existence dans les eaux sulfureuses, se montre aussi dans la plupart des sources minérales. Il accompagne fréquemment l'acide carbonique, et se dégage aussi seul et assez abondamment. M. Daubeny en a trouvé dans la source de Mallow et dans celle de St-Patrick une quantité très-notable, et ce gaz ne contenait que 6 p. 100 d'oxigène (3). On connaît aussi dans le comté de New-York, à six lieues du village de Bennington, d'immenses dégagemens d'azote, qui s'élève de terre au travers du gravier, et fait bouillonner avec violence l'eau de plusieurs sources.

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XVIII, p. 132.

(2) *Idem*, t. XIX, p. 190.

(3) Société Asmoléenne d'Oxford, séance du 26 juin 1835.

M. d'Anglada explique la présence de ce gaz dans les eaux sulfureuses en le regardant comme le produit de la décomposition de l'air, dont l'oxigène se porterait sur le soufre, et il pense que le contact de l'air peut ainsi détruire et faire dégénérer un grand nombre de sources sulfureuses. Il pense que, dans ces sortes de sources, l'azote vient encore de l'air décomposé dont l'oxigène brûlant du charbon s'est transformé en acide carbonique, explication qui serait admissible si le dégagement d'azote était proportionné à celui de l'acide carbonique; car, quoique on sache très-bien que l'air qui est entraîné en dissolution par les eaux de pluie ou par les eaux courantes contienne plus d'oxigène que l'air atmosphérique, il renferme cependant toujours les $\frac{2}{3}$ d'azote, qui devrait, dans ces cas, se dégager en proportion double de celle de l'acide carbonique. Nous avons cependant tout lieu de croire que l'azote des eaux vient de l'atmosphère. Nous reviendrons un peu plus loin sur ce sujet.

L'oxigène est contenu dans presque toutes les sources, quoique rarement dans les eaux minérales. Il accompagne l'azote, mais en petite quantité. Il ne forme guère que 5 à 6 pour cent du volume de ce gaz, excepté dans les sources non minérales, qui renferment de l'air composé le plus souvent de 32 d'oxigène et de 68 d'azote, tandis que l'air atmosphérique se compose de 21 d'oxigène et de 79 d'azote; mais la plus grande solubilité de l'oxigène explique suffisamment cette différence de proportion.

L'iode et le brôme ne se trouvent qu'en très-petite quantité dans les sources minérales, et jamais à l'état libre; c'est à l'état d'acides hydriodique et hydrobromique combinés à la soude, à la potasse ou à la magnésie.

Avant 1825, M. Boussingault découvrit la présence de l'iode, ou plutôt de l'hydriodate de magnésie, dans un liquide provenant d'une saline de la province d'Antioquia, liquide employé avec succès contre le goître. A cette époque, ce savant chimiste ignorait que déjà on avait reconnu l'iode dans plusieurs eaux minérales (1).

Toutes celles du pays de Darmstad contiennent de l'acide hydriodique en quantité plus ou moins grande. L'eau de la saline de Kreutznach (Théodorshalle) est remarquable par la grande quantité qu'elle en renferme (2).

L'iode et le brôme, comme le soufre et le carbone, doivent exister dans l'intérieur du globe, puisque les eaux les amènent à la surface; mais il faut remarquer que c'est toujours à l'hydrogène que ces corps sont unis.

Le phosphore, le fluor ne se rencontrent qu'en quantité excessivement petite, et toujours à l'état d'acides phosphorique et fluorique combinés à des bases. C'est ainsi que M. Berzélius a trouvé quelques-uns de ces sels dans les eaux de Carlsbad, et M. Girardin dans celles de St-Alyre.

Le fer et le manganèse existent tous deux en quantité bien différente : le fer est très-fréquent, le manganèse est très-rare. Il a été trouvé à l'état de carbonate dans le dépôt des eaux chaudes de Coconuco près du volcan de Puracé, non loin de Popayan, par

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXX, p. 91.

(2) Liebig, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXXI, p. 335.

M. Boussingault, et dans les eaux de St-Alyre, par M. Girardin. Le fer, au contraire, existe dans un très-grand nombre d'eaux minérales à l'état d'oxide hydraté et peut-être de bi-carbonate. Quelquefois il est combiné à des matières organiques, et forme les sels que M. Berzélius a désignés sous les noms de chrénate et d'apochrénate de fer. C'est ainsi qu'il existe dans l'eau de Jaude, à Clermont.

L'origine du fer et du manganèse est toujours la même que celle des autres substances. Nous ne pensons pas que les eaux chaudes, et même des eaux chargées d'acide carbonique, aient dissout le fer pendant leur trajet, bien que nous leur en reconnaissions la puissance; mais nous croyons qu'il vient d'une grande profondeur, comme les autres matières contenues dans les eaux.

La soude, la chaux, la magnésie, la potasse, la baryte, qui, très-rarement à l'état caustique, mais presque toujours combinées, se trouvent si souvent dans les eaux à l'état de carbonate, sulfate, hydrochlorate, etc., doivent provenir aussi de l'action de l'oxigène sur les métaux alcalins que le noyau du globe doit renfermer. Mais il se présente ici une objection que l'on ne manque jamais de faire, c'est que la plupart des terrains qui sont déposés sur la terre renferment les différens sels que nous venons de citer, et qu'il est bien naturel que l'eau qui les traverse avec une température élevée, et qui souvent est en même temps saturée d'acide carbonique sous une forte pression, puisse dissoudre ce qu'elle trouve sur son passage, et amener ces matières à sa sortie. Cette objection devient surtout sérieuse pour le carbonate de chaux, si commun dans toutes les eaux thermales et si répandu dans la nature. Nous sommes loin de nier que les eaux dont nous nous occupons puis-

sent attaquer le sol qu'elles traversent; mais une simple observation prouvera qu'il ne faut pas attribuer à cette action la composition des eaux minérales : c'est qu'un grand nombre d'entre elles, et ce sont ordinairement les plus chaudes, sortent immédiatement de terrains cristallisés, et déposent à leur sortie les sels que l'on considère comme puisés dans des terrains préexistans, et notamment du carbonate de chaux, en sorte qu'au lieu d'avoir dissout, dans les terrains de sédiment, les matières qu'elles charrient, il y a beaucoup plus de probabilité pour qu'elles aient déposé, au contraire une grande partie des roches qui les composent.

La silice, que l'on rencontre de nos jours dans une foule d'eaux thermales, n'est bien abondante que dans les Geisers d'Islande et dans les sources chaudes de Reickum qui sont situées dans la même contrée. Cependant presque toutes les sources thermales en contiennent une petite quantité. Comme la soude accompagne presque toujours cette substance, on a cru que cette dissolution s'opérait à la faveur de cet alcali; mais les belles expériences de M. Berzélius ont suffisamment démontré que la silice à l'état naissant, c'est-à-dire au moment de sa création par le contact et la combinaison de l'oxigène et du silicium, était entièrement soluble dans l'eau : dès lors il n'y a rien d'étonnant que certaines sources en amènent en abondance. Elle perd bientôt sa solubilité et acquiert en se déposant assez de cohésion pour rester inattaquable à l'eau pure.

Si, ensuite, nous admettons, comme tout porte à le croire, le silicium au nombre des élémens qui composent le noyau de la terre, il nous suffira de la présence de l'oxigène pour expliquer la transformation du métal en oxide, et dans ce cas, nous aurons encore un dégagement d'azote. Cette dernière circonstance

pourra cependant ne pas avoir lieu, car, à une température aussi élevée que celle qui doit régner à ces profondeurs, une portion d'eau peut être décomposée, et tandis que son oxigène fait la silice, son hydrogène peut, comme le suppose M. Longchamps, s'unir à du soufre, à du chlore, à de l'iode, à du brôme, et se dégager sous forme d'hydracides ou d'hydro-sels.

Enfin, quant à la matière organique que contiennent presque toutes les eaux thermales, nous pensons qu'elle se forme dans les conduits qui les amènent au jour, ou du moins à une petite profondeur. Du moment où l'azote, l'hydrogène, le carbone et l'oxigène se rencontrent à l'état naissant et sous l'influence d'une chaleur qui est inférieure à 100°, et presque toujours même inférieure à 50°, nous croyons que ces corps, dont se composent tous les êtres organiques, la forment immédiatement par leur combinaison, et que le contact de l'air et de la lumière finit de la constituer être vivant et organisé. Nous pensons qu'il se forme naturellement dans les eaux qui réunissent les conditions nécessaires, c'est-à-dire qui ne contiennent pas d'acide puissant, ni d'alcali libre, ni des sels trop abondans, des créations spontanées comme celles que nous obtenons à volonté avec des infusions diverses; et nous croyons que l'on doit voir dans ces créations les premiers élémens vivans des règnes animal et végétal.

La majeure partie des matières que contiennent les eaux minérales sont analogues ou identiques à celles que rejettent les volcans dans les différentes phases de leurs éruptions. Ces principes que les bouches ignivomes répandent en grande abondance au moyen de la force des gaz qui les projettent, se retrouvent en petite quantité charriés par l'eau thermale de ces sources profondes; et cette tendance à l'organisation, si remar-

quable dans les eaux de cette nature, nous en retrouvons, pour ainsi dire, l'équivalent dans la fertilité dont jouissent les contrées couvertes des débris décomposés des roches volcaniques.

CHAPITRE VINGTIÈME.

DES DÉPOTS

FORMÉS PAR LES EAUX MINERALES, DES RÉACTIONS QU'ELLES ONT EXERCÉES, ET QUELQUES CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR CE SUJET.

En résumant les détails que nous venons de rapporter, on voit que la majeure partie des substances contenues dans les eaux minérales viennent de l'intérieur du globe. En effet, en admettant comme chose prouvée la chaleur centrale et l'incandescence primitive du globe, on ne peut leur supposer une autre origine. La terre, entièrement formée de substances non oxigénées, a dû d'abord s'oxider à sa surface, pour produire toutes les roches cristallisées, et l'oxigène absorbé a laissé libre une grande quantité d'azote qui existe encore dans l'atmosphère. Nous n'avons aucune raison pour supposer que l'oxigène n'est pas encore absorbé à l'époque actuelle, par une sorte de cémentation, ou par quelques fissures à travers lesquelles il peut pénétrer. Ainsi, cette surface de violente action chimique, qui a dû exister dans le principe tout-à-fait à l'extérieur du globe, a dû successivement s'abaisser, et l'action diminuer à mesure que l'air atmosphérique trouvait un contact moins facile, étant séparé par une croûte oxidée, qui augmentait graduellement d'épais-

seur. A l'époque ou nous vivons, cette action continue, mais faiblement, et doit s'exercer à une profondeur de quelques lieues seulement. Là existe une combinaison lente mais perpétuelle de l'oxigène de l'air avec des corps non oxidés; là se produit une certaine quantité d'oxides qui augmentent graduellement l'épaisseur de la croûte terrestre; là se trouvent tous les élémens des eaux minérales, et de la puissance volcanique, des tremblemens de terre et des soulèvemens qui ont ridé toute la surface du globe.

L'eau pénètre aussi par les fissures du sol jusqu'à cette surface d'action intérieure, et son contact produit de nouveaux phénomènes. Si l'on suppose réunis à cette profondeur une partie des élémens que nous avons nommés au commencement de cet ouvrage, on se rendra facilement raison et de l'absorption de l'oxigène et du dégagement d'azote. Ce gaz en effet s'échappe de presque toutes les sources, et l'oxigène n'en sort jamais. Si l'on en trouve une petite quantité, c'est adhérent à l'azote, et peut-être même l'eau l'a-t-elle recueillie dans la partie supérieure de ses conduits. La combinaison de l'oxigène suffit pour expliquer la création des acides, la naissance de la silice, les combinaisons qui forment les sels, et enfin l'apparition de tous ces corps dont les élémens sont rassemblés par une cause inconnue au centre de notre planète, et que nous trouvons si rarement à l'état de pureté dans les cavités de sa croûte oxidée. L'eau des sources thermales serait alors de l'eau de la surface du globe qui descendrait par des fissures jusqu'à la surface d'action, ce ne serait pas de l'eau pluviale qui peut tout au plus alimenter des sources ordinaires à niveau variable, mais l'eau des ruisseaux, des rivières et des fleuves qui, coulant pour la plupart sur des fentes préexistantes qui ont

marqué leur lit, abandonnent toujours la même quantité d'eau, qui descend jusqu'au point de contact, et remonte ensuite chargée de différens principes. De là cette situation remarquable des sources minérales sur le bord des cours d'eau, qui peut-être les alimentent, car il y a une connexion bien marquée entre leur position et toutes les sinuosités des rivières, dont souvent elles accompagnent le cours. Peut-être cette relation est-elle due à la simple action mécanique de l'eau courante, qui entraîne les dépôts des sources, les empêche de se boucher, et conserve ainsi celles qui sont sur leurs bords, tandis que les plus éloignées sont obstruées depuis long-temps.

C'est en effet un phénomène bien remarquable que la promptitude avec laquelle se forment les dépôts de certaines sources. Il en est qui amènent au jour de si grandes quantités de matières, que le sol en est couvert sur une grande étendue.

On prévoit déjà que ces matières doivent être celles que contiennent habituellement les eaux thermales, et dont nous avons donné plus haut l'énumération. Cependant il s'en faut que toutes celles que nous avons citées puissent former des dépôts sensibles autour des sources, d'autant plus que plusieurs de ces principes étant très-solubles, sont facilement entraînés par les pluies. Ceux qui composent les dépôts que forment généralement les eaux, sont principalement : le *carbonate de chaux*, la *silice*, *l'oxide de fer*, le *muriate*, et le *carbonate de soude*, l'*acide borique*. Ces dernières substances, qui sont solubles, ne se déposent guère que dans des bassins alimentés par des sources minérales, dont l'évaporation concentre les eaux. Quant aux autres, on les voit former des masses plus ou moins régulières et plus ou moins volumineuses. Les dépôts

de fer hydraté se font de nos jours à l'issue de certaines sources, mais ils sont rarement purs, et contiennent presque toujours un peu de silice et du carbonate de magnésie. Ils colorent en orangé les pierres et les végétaux sur lesquels ils se déposent.

La silice et le carbonate de chaux sont les corps les plus communs dans les créations des eaux minérales.

On trouve la silice dans presque toutes les sources de l'Islande; celles de Reykoet en déposent abondamment, ainsi que celles de Langaness. A la sortie immédiate de l'eau, la silice de cette dernière source est gélatineuse, mais elle durcit bientôt, et de pâle qu'elle était, elle prend une teinte bleuâtre, que l'on retrouve dans les agates, ce qui pourrait venir à l'appui de la théorie émise par M. Brongniart pour expliquer par voie aqueuse la formation des calcédoines.

Les Geisers, qui sont situés dans la même contrée, déposent une très-grande quantité de silice, qui couvre sous forme de concrétions un espace de près d'un mille carré, et dont l'épaisseur, à en juger par une échancrure du grand Geiser, peut avoir environ douze pieds. Cette silice empâte des feuilles de diverses espèces de plantes dont elle conserve parfaitement les empreintes.

Le plus bel exemple de dépôts siliceux est celui qui existe dans le terrain volcanique de l'île *St-Michel*, l'une des Açores. Le docteur Webster, dans la description qu'il donne des sources chaudes de Furnas, rapporte que leur température varie de 23 à 97° centigrades, et qu'elles déposent des quantités considérables d'argile et de matière siliceuse qui enveloppent et font plus ou moins passer à l'état fossile les herbes, les feuilles et les autres substances végétales qui se trouvent en contact avec elles. On peut observer ces

végétaux sous tous les états de pétrifications. Le docteur Webster a trouvé des branches de fougères qui croissent maintenant dans l'île complètement pétrifiées, et ayant les mêmes apparences que celles qui sont en pleine végétation, si ce n'est toutefois que la couleur a passé au gris de cendre. On rencontre des fragmens de bois qui sont plus ou moins transformés, et il existe un lit de trois à cinq pieds d'épaisseur entièrement composé des mêmes roseaux qui sont si communs dans l'île; ils sont complètement minéralisés, et remplis, vers le centre de chaque nœud, de petits cristaux de soufre. Les dépôts siliceux sont à la fois abondans et variés. Le plus considérable se présente par petits lits d'un quart à un demi pouce d'épaisseur, accumulés sur une hauteur d'un pied et même plus. Ces lits sont presque toujours parallèles et horizontaux, offrant cependant quelquefois de légères ondulations. Ces dépôts présentent des cavités souvent tapissées de petits cristaux de quartz très-brillans et dans lesquels on trouve des stalactites siliceuses qui ont fréquemment jusqu'à deux pouces de longueur. Des masses compactes de ces dépôts siliceux ayant été brisées par différentes causes, les fragmens ont été cimentés de nouveau par la silice, et forment une brèche d'un aspect fort agréable; cette brèche constitue des élévations dont quelques-unes, suivant le docteur Webster, ont plus de trente pieds de haut. Le dépôt général paraît être considérable et former de petites collines. Les couleurs de l'argile et des substances siliceuses sont très-variées et même très-vives : le blanc, le rouge, le jaune, le pourpre, et le brun, sont les nuances dominantes. Les parties de roches qui ont été en contact avec des vapeurs acides sont décolorées. Le soufre existe en abondance dans ces sour-

ces qui sortent d'un terrain de lave et de trachyte (1). Il existe beaucoup d'autres exemples de dépôts siliceux, mais ils sont moins importans.

Les dépôts de carbonate de chaux sont généralement plus puissans et sont surtout plus nombreux.

Un des plus célèbres est le pont de St-Alyre, à Clermont-Ferrand. Il a 240 pieds de long et forme une arche assez élevée située sur le ruisseau de Tiretaine. Tout le faubourg de St-Alyre, où ce pont est situé, est couvert d'une couche d'incrustation semblable. La source, détournée et dirigée de nouveau sur le ruisseau de Tiretaine, y forme un second pont dont l'arche aura bientôt atteint les $\frac{2}{3}$ de son étendue.

D'autres dépôts de ce genre, et plus considérables, existent sur différens points de l'Auvergne. La vallée de St-Nectaire est tapissée partout de semblables incrustations.

Il existe à Télèze, en Italie, des sources qui ont produit une grande quantité de matières calcaires, puisque leur dépôt forme une croûte étendue sur un terrain de plus d'une lieue de périmètre. Ces incrustations se rencontrent dès qu'on a passé le Calore au bac de Télèze, et continuent jusqu'à leur source. La majeure partie du territoire voisin était couverte de ce sédiment sur une épaisseur de 2 à 3 pieds, et pour recouvrer l'usage de l'excellent sol de cette plaine, il a fallu enlever la croûte pierreuse dont elle était revêtue (2). Il a fallu agir de même à St-Alyre pour reprendre un partie du sol.

Les bains de Saint-Philippe, près de Radicofani en Toscane, sont devenus célèbres par l'ingénieux parti

---

(1) *Edimburg philosoph. Journal*, vol. VI, cité par Labèche.
(2) Breislack, *Voyage en Campanie*, t. I, p. 20.

qu'on a su tirer de la propriété incrustante de leur eau, pour y établir une manufacture de bas-reliefs d'albâtre, qui sont l'ouvrage de l'art et de la nature en même temps. On conduit cette eau dans l'atelier par un canal de bois qui est élevé de douze à quinze pieds au-dessus du sol; l'eau tombe de cette hauteur sur de petites planches disposées de manière à la faire rejaillir contre des moules en creux qu'on a pris sur des bas-reliefs antiques, ou qui sont l'ouvrage des plus grands maîtres. Chaque goutte d'eau qui rejaillit contre ces *creux*, y dépose quelques molécules calcaires qui s'y cristallisent en perdant leur acide carbonique surabondant, et ces dépôts successifs finissent par remplir les moules d'un albâtre de la plus grande beauté, d'une blancheur égale à celle de l'albâtre gypseux, mais qui a pour le moins la dureté du marbre, et toutes les propriétés de l'albâtre oriental. Quant à la partie de l'art, ces bas-reliefs ne le cèdent en rien à l'original même dont ils sont la fidèle copie.

On a maintenant appliqué ces procédés aux eaux de St-Alyre et à celles de St-Nectaire, et l'on y obtient, comme à St-Philippe, des médailles, des camées et de curieuses incrustations; mais dans aucune de ces localités, le dépôt ne s'opère parfaitement pur. A St-Philippe, on laisse reposer l'eau, pour qu'il se précipite du sulfate de chaux, à St-Alyre du fer, à St-Nectaire de la magnésie, avant de la conduire directement sur les moules.

Les eaux célèbres de Carlsbad sont très-remarquables aussi par les dépôts qu'elles ont formés. Elles sont situées dans une vallée étroite, au milieu de laquelle coule le Tépel, ruisseau qui va se rendre dans l'Eger. Sur ses deux rives, les sources chaudes sourdent à de petites distances les unes des autres; leur nombre est

très-grand. Les baigneurs ne font cependant usage que des suivantes : le Sprudel, la source de l'Hygiaa, le Mulhbrunnen, et plus rarement le Spitalsbrunnen. Les eaux sourdent par les ouvertures d'une pierre calcaire où l'on a fait des conduits artificiels à travers lesquels les eaux sont poussées jusqu'à une certaine hauteur, par la pression de la masse inférieure, d'une manière commode pour les baigneurs. Ce calcaire est formé par les eaux elles-mêmes. Partout où elles coulent, et à mesure que le gaz carbonique se dégage, des masses concrétionnées d'une texture fibreuse se déposent.

Cette croûte de calcaire fut brisée par l'eau au commencement du siècle dernier (dans les années 1713 et 1727), et l'eau chaude se répandit immédiatement dans le Tépel. On résolut alors, tant pour savoir la cause de ce changement, que pour découvrir le moyen d'empêcher des ruptures semblables, de percer ce calcaire et de voir, à cette occasion, d'où les eaux venaient. A peine eut-on percé la croûte supérieure, que l'eau sortit avec force, et que l'on vit plusieurs cavités plus ou moins grandes remplies d'eau, dont le fond était également une croûte de calcaire. On perça aussi celle-là, et l'on découvrit sous elle des cavités semblables, d'où l'eau sortit avec une force plus grande encore, et dont le fond consistait en une troisième croûte de calcaire. Lorsqu'on eut percé à son tour cette dernière croûte, on découvrit un grand réservoir d'eau, qui a reçu le nom de chaudron du Sprudel (Sprudel-Kessel). Les croûtes de carbonate de chaux avaient toutes une épaisseur de 1 à 2 pieds, et consistaient en une pierre d'un blanc d'albâtre et à bandes brunes, à laquelle on a donné le nom de pierre de Sprudel (Sprudelstein). Les trois couches ne sont pas placées concentriquement l'une

sur l'autre; elles forment des espaces inégaux, séparés par des parois, comme si on plaçait des vases hémisphériques, plus ou moins grands, renversés les uns sur les autres. L'eau était en ébullition violente dans le bassin. Les vapeurs épaisses et chaudes qui sortaient en abondance ne permirent pas de connaître exactement l'étendue du réservoir. Il avait, suivant l'inégalité du fond, une profondeur de 3 à 4 aunes, comptée de la surface extérieure du calcaire. Dans une certaine direction, on ne pouvait pas atteindre les limites avec des bâtons liés l'un à l'autre, et formant une longueur de 30 lachter. Cette direction qui se porte vers le lieu nommé *Hirschenstein*, paraît être celle par laquelle l'eau afflue. Une circonstance qui prouve la grandeur considérable du Sprudel-Kessel, est que l'on atteint la croûte du Sprudel si l'on creuse suffisamment dans la plus grande partie de la petite ville de Carlsbad, et quand on perce cette croûte, l'eau chaude monte avec violence; le gaz carbonique s'élève de plusieurs endroits, à travers les fentes de cette croûte, en telle quantité, que les caves des maisons en sont remplies, et que dans le Tépel, qui coule immédiatement sur cette croûte, on voit, sur une grande longueur, principalement dans les environs du Sprudel, le gaz monter en bulles au milieu de l'eau. On ferma alors l'ouverture qu'on avait faite, par la maçonnerie, dont les joints furent bientôt couverts par du sprudelstein; elle retient encore à présent l'eau dans le chaudron, et la force de monter par les canaux ordinaires, et de s'écouler de leurs embouchures. Ces embouchures se ferment cependant peu à peu par le sprudelstein (pierre du Sprudel), qui se dépose aussi dans les canaux, et cela si promptement, qu'on est obligé de les percer quatre fois par an.

Ce qu'on nomme le Sprudel n'est proprement qu'une certaine ouverture du bassin - chaudron, par laquelle l'eau est poussée par intervalles; car l'air et l'eau s'écoulent alternativement. Les parties supérieures du chaudron se remplissent de gaz carbonique qui se dégage de l'eau chaude en quantité d'autant plus grande que la pression que ce liquide supporte diminue davantage quand il arrive à la surface de la terre. Le gaz dégagé se rassemble dans la partie supérieure de la cavité, et quand sa quantité est suffisamment augmentée, elle comprime tellement la surface de l'eau, qu'il peut s'échapper par les mêmes canaux. L'eau et le gaz sortent alors alternativement de dix-huit à dix-neuf fois par minute. Il y a encore plusieurs ouvertures de la couverture du Sprudel à peu de distance de l'endroit d'où cette source provient. Elles donnent en partie plus d'eau que le Sprudel; mais elles coulent continuellement (1).

Indépendamment de cette énorme quantité de carbonate de chaux que déposent les sources de Carlsbad, Gilbert à calculé qu'elles rejetaient chaque année en dissolution 200,000 quintaux de carbonate de soude et 300,000 quintaux de sulfate de soude avec son eau de cristallisation.

Nous ne citerons pas un plus grand nombre d'exemples de dépôts des sources minérales, bien que nous puissions y ajouter des sédimens de magnésie, des cristaux d'arragonite et un grand nombre d'autres matières; mais on conçoit la possibilité du dépôt de touts les principes que contiennent les eaux, et de plus, des réac-

---

(1) Berzelius, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXVIII, p. 233.

tions de diverses matières sur d'autres, comme de l'acide sulfurique sur la chaux, de l'acide carbonique sur du fer, de la baryte, etc.

Lorsque nous comparons ces créations nouvelles que les eaux minérales forment sous nos yeux avec les différens terrains de sédiment, nous sommes frappés de l'analogie que nous présentent ces couches d'âges différens. Tout en remarquant que les grandes assises sédimenteuses contiennent une grande quantité de débris organiques, et qu'elles ont été évidemment déposées sous les eaux, nous ne pouvons contester cependant qu'une action chimique puissante n'ait agi pendant ce dépôt, et cette action ne peut être autre que celle des sources minérales. Des eaux excessivement abondantes et saturées de différens principes affluaient continuellement de l'intérieur à la surface de la terre; d'immenses dépôts s'opéraient à l'aide d'une température élevée, et la vie organique, excitée à la fois par la température et l'humidité, se développait sous des formes variées qui nous sont maintenant inconnues. Le phénomène des eaux minérales semble avoir joué un rôle extrêmement important dans la structure de la terre, et loin de croire que les eaux puisent dans les terrains qu'elles traversent les matériaux qu'elles déposent, il faut, au contraire, admettre que tous ces terrains ont été déposés par elles, et qu'elles en ont puisé les matériaux au-dessous des roches cristallisées qui forment maintenant la croûte solide de la terre.

Dans cette circonstance, comme dans plusieurs autres, nous n'aurions plus à l'époque actuelle qu'une faible manifestation d'une action qui fut autrefois assez puissante pour participer à la création de tous les terrains de sédiment.

Nous voyons en effet les sources minérales diminuer

tous les jours. Nous trouvons sur plusieurs points de la terre des masses considérables de travertin, dont l'origine est évidente pour nous, et dont la source est tarie, ou bien si elle coule encore, elle ne dépose plus rien, ou n'abandonne qu'à la longue une couche mince et limitée de carbonate de chaux. A peine si quelques cristaux d'arragonite se forment sous nos yeux, tandis que des couches épaisses gisent au milieu des calcaires déposés par les eaux. La silice n'existe plus que dans les Geisers, car les autres sources en renferment de si petites quantités qu'il est impossible qu'elle puisse former des concrétions, tandis que d'anciens travertins en sont pénétrés au point de ne plus faire d'effervescence, ou bien cette matière s'est rassemblée en masses globuleuses et reste empâtée, sous forme de quartz résinite, au milieu de calcaires imprégnés de natron ou carbonate de soude. La source des Célestins, à Vichy, sort d'un énorme rocher calcaire qu'elle a formé, et toute la ville est construite sur le dépôt de ces eaux, tandis que les fontaines actuelles ne fournissent qu'une faible proportion de cette substance.

Du reste, les eaux minérales ont changé plusieurs fois de nature, et elles ont versé autrefois en abondance des matières qu'elles ne contiennent plus aujourd'hui; et ce ne sont pas là des hypothèses gratuites, ce sont des théories positives établies seulement pour l'explication des faits. Il suffit pour s'en convaincre de jeter les yeux sur le remarquable travail que M. Girardin a publié sur les sources et les travertins de Saint-Alyre. Ce savant chimiste a recherché la nature du travertin qui se dépose actuellement, et de celui qui a formé, il y a quelques siècles, le fameux Pont-de-Pierre, et malgré le court intervalle qui sépare ces deux époques, il a déjà trouvé une différence très-notable dans les propor-

tions. L'ancien dépôt contient une bien plus grande quantité de silice et de carbonate calcaire, et beaucoup moins de péroxide de fer.

« Nous devons en conclure, dit M. Girardin, que la composition des eaux de cette fontaine n'a pas toujours été la même; qu'à l'époque où elles avaient une propriété incrustante si prononcée, elles étaient beaucoup plus riches en sels calcaires et en silice, et qu'à mesure que cette propriété s'est affaiblie, elles ont perdu peu à peu de ces principes en même temps qu'elles s'enrichissaient en péroxide de fer.

» Beaucoup de sources thermales ont, comme à Saint-Alyre, éprouvé des changemens notables dans la constitution chimique de leurs eaux, et subi une diminution dans la proportion de leurs principes minéraux. Ainsi, les eaux de Saint-Nectaire, de Vichy, du Mont-Dore, n'ont plus la même richesse en substance minérale qu'autrefois, et leur composition n'est plus la même qu'à l'époque où elles formaient ces immenses dépôts siliceux et arragonitifères qu'on trouve aux environs des lieux où elles sourdent. Les eaux du Mont-Dore déposaient jadis des masses assez considérables de silice; c'est à peine si elles en abandonnent. Les eaux de Saint-Nectaire ont formé de l'arragonite, puis de la silice, puis des amas d'ocre très-friable, puis du travertin qu'elles déposent encore.

» Ce n'est pas un des phénomènes les moins curieux que cet appauvrissement successif en principes salins et surtout en silice de la plupart des eaux minérales. Sa constance indique assez qu'il est lié à quelque grande cause dont l'action a été progressivement modifiée et affaiblie; or, cette cause est très-probablement la chaleur, car il est bien constant, au moins pour la majeure partie des sources de l'Auvergne, que leur tempéra-

ture a sensiblement diminué. On conçoit parfaitement que le volume et la chaleur de ces fontaines s'affaiblissant graduellement, leur richesse en substances minérales, surtout en substances peu solubles, a dû suivre la même progression descendante (1).»

Il suffit d'admettre le refroidissement graduel du globe pour se rendre raison de ces singulières différences. Car si nous supposons que la surface d'action où se produisent les eaux minérales est précisément le point où s'opère la combinaison des matières non oxidées de l'intérieur du globe avec l'oxigène ou l'air atmosphérique qui peut y pénétrer, nous verrons de suite que cette surface, d'abord tout-à-fait extérieure, s'est rapidement enfoncée et qu'elle doit s'enfoncer encore, quoique très-lentement. Nous concevons, par la même raison, que plus elle était rapprochée de l'extérieur de la terre, plus les communications étaient faciles, et pour l'introduction de l'air, et pour l'émission de l'eau chargée de différentes matières. Dès lors, les sources devaient être plus abondantes, plus nombreuses et plus chargées qu'elles ne le sont aujourd'hui. Mais à mesure que la surface d'action s'est éloignée, les communications plus difficiles, des réactions moins intenses ont nécessairement affaibli ces phénomènes, dont la puissance diminue tous les jours. La température des sources a dû s'abaisser graduellement à mesure que les conduits qu'elles avaient à traverser se sont allongés; car ceux-ci commencent au point d'action intérieure et s'ouvrent à la surface, en sorte qu'ils doivent augmenter de longueur à mesure que leur point d'origine s'éloigne du

(1) Girardin, *Analyse des eaux minérales de St-Alyre, et des travertins qu'elles déposent*, p. 23.

point de sortie ; dès lors la température doit diminuer, comme l'a très-bien observé M. Boussingault, en comparant trois sources assez rapprochées, et dont le point de départ doit être sensiblement le même, tandis que l'ouverture arrive à des niveaux différens et donne précisément une température en rapport avec cette différence.

On conçoit parfaitement aussi que ces eaux aient changé de nature, car les différentes matières qui forment le noyau du globe ont dû se disposer par couches, selon leur pesanteur spécifique, et le silicium et quelques autres élémens légers comparativement aux autres, ont dû gagner la surface, et la terre doit être ainsi formée de couches superposées, qui toutes, jusqu'à une certaine profondeur, ont été successivement traversées par cette ligne d'action, jusqu'à ce qu'elle ait atteint le niveau où elle est actuellement. Alors chaque zône, en s'oxidant, a donné naissance à des corps particuliers que les eaux ont amenés au jour à des époques différentes. Et si les zônes intérieures, qui composent le noyau du globe, se sont placées par couches d'égale épaisseur, on pourrait, jusqu'à un certain point, reconnaître le plus ou moins de profondeur de la surface d'action par la nature du dépôt des sources. Il est très-probable cependant que jamais on ne pourra acquérir ces connaissances, car les nombreuses fractures qui existent dans l'écorce du globe peuvent av oir euune influence marquée sur l'accès de l'air dans l'intérieur, et par conséquent sur l'épaisseur de la couche solidifiée.

Nous pouvons donc comprendre à présent toute l'importance de ce phénomène géologique et l'émission si abondante des sources thermales dans les premiers temps de la création.

C'est à elles qu'il faut rapporter ces couches im-

menses de calcaires qui se déposèrent dans les premières dépressions des terrains cristallisés, qui se mêlèrent comme ciment à plusieurs roches mécaniquement formées. C'est à la même cause qu'il faut attribuer ces puissans dépôts de craie avec la multitude de rognons siliceux qui s'y sont déposés, et plus tard la répétition de ce même phénomène lors du sédiment des marnes et de leurs ménilites. Enfin, en se rapprochant encore de l'époque actuelle, on ne peut leur contester ces nombreuses concrétions qui, dans le centre de la France, se sont moulées autour des masses de phrygane, ni ces nombreux travertins que nous voyons naître sous nos yeux. Les divers amas de fer hydroxidé ont été produits par les sources dont plusieurs déposent encore aujourd'hui une grande quantité d'ocre jaune. Le bitume, une partie des quartz, des calcédoines, et une foule de minéraux n'ont d'autre origine que celle qui nous occupe maintenant. C'est encore aux eaux minérales qu'il faut rapporter en partie les dépôts de sel gemme, la salure des mers, la formation du gypse, et peut-être cette quantité d'acide carbonique qui, selon toute apparence, a long-temps vicié notre atmosphère, et que la végétation a transformé en couches de houille. Il y a sans doute aussi des filons qui doivent naissance aux eaux, et qui ne sont autre chose que les fentes remplies qui les mettaient en communication avec l'extérieur du sol.

Si nous connaissions bien la pesanteur spécifique des métaux des terres, si nous possédions leurs caractères comme nous connaissons ceux de la plupart des autres métaux, il est bien probable que nous arriverions à des conséquences géologiques fort importantes, en comparant ces caractères aux dépôts que les eaux ont abandonnés à des époques différentes.

Les eaux minérales ont eu aussi autrefois la plus

grande influence sur la vie organique. Leur température a certainement favorisé le développement de nombreux corps vivans, que nous ne connaissons que par leurs dépouilles; l'acide carbonique qu'elles ont versé dans l'atmosphère a dû contribuer à cette prompte et vigoureuse végétation des grands végétaux monocotylédonés, en même temps qu'il s'est opposé à l'apparition trop prompte d'animaux à poumons parfaits, qui, selon toutes les apparences, n'ont été créés qu'après l'épuration de l'air qu'ils devaient respirer.

Que l'on compare ces grands résultats aux faibles effets des eaux thermales actuelles, on restera convaincu de leur analogie, et en même temps de l'impuissance des causes actuelles, si nous refusons de reconnaître qu'elles se sont affaiblies et presque anéanties.

D'après cette manière d'envisager les sources minérales, elles doivent finir par s'éteindre, leur température et leur volume doivent graduellement s'affaiblir. Aucune donnée positive, aucune expérience irrécusable n'autorise pourtant cette prévision. Il nous manque des observations précises sur nos sources thermales, ou du moins celles qui ont été faites avec les soins convenables, sont tellement isolées et si rapprochées de notre époque, que nous ne pouvons en tirer aucune conséquence. Notre existence est si courte et les changemens sont si lents, que c'est en observant avec précision toutes les sources d'une contrée, que l'on peut jusqu'à présent se rendre compte des modifications que chacune d'elles peut éprouver.

CHAPITRE VINGT-UNIÈME.

DES DÉGAGEMENS DE GAZ.

On a pu remarquer dans ce qui précède que la plupart des eaux minérales arrivent au jour avec une certaine quantité de gaz qui se dégagent en bouillonnant. Dans plusieurs endroits, il sort aussi des matières gazeuses qui ne sont accompagnées d'aucun liquide, ou s'il en existe, ce n'est jamais que comme accessoire, tandis que dans le chapitre précédent c'était le gaz qui occupait le second rang.

Il existe dans la terre des cavités qui renferment des matières gazeuses qui même quelquefois s'y trouvent très-comprimées et font effort pour en sortir. Ainsi on observe souvent dans les mines de houille du gaz hydrogène carboné qui s'échappe avec violence et sifflement dès qu'il peut pénétrer par les moindres fissures dans les galeries des mines. Plusieurs fois, en creusant des puits artésiens, on a rencontré des cavités ou des terrains poreux remplis de gaz qui se dégageait abondamment dès que la sonde pénétrait dans la partie du terrain où il se trouvait accumulé. Un des exemples les plus remarquables de ce genre est celui dont M. le comte di Porcia a rendu compte à l'académie des Sciences, dans sa séance du 8 juillet 1833. Un puits artésien fut creusé à Gajarino, près Conigliano, dans le gou-

vernement de Trieste. Le 23 mai, le forage avait atteint 30 mètres, en traversant les différentes couches d'un terrain d'alluvion, dont la plus inférieure paraissait une argile stratifiée assez compacte. En remontant la sonde, quand elle fut à la hauteur de 23 mètres environ, et au-dessus de la grande masse d'argile, on entendit dans les tuyaux en fer battu que l'on avait posés, un bruit extraordinaire très-violent, et au même moment on vit surgir à la surface de la terre, et s'élever à deux mètres de hauteur, un jet de boue sableuse et liquide qui répandait une odeur sulfureuse et fétide. Il dura quelques minutes, après quoi l'eau reprit son niveau ordinaire à quelques mètres au-dessous du sol. On continua le percement, et chaque fois que l'on remontait la sonde, on entendait le même bruit, et il se dégageait un vent violent. M. le comte di Porcia approcha, pendant l'un de ces dégagemens, une lumière du courant gazeux, qui s'enflamma avec violence en formant un jet lumineux de plus de deux mètres de hauteur. Cette flamme dura pendant quelques minutes avec la même force, puis elle diminua et s'éteignit tout-à-fait. Le 27 mai au soir, voulant faire voir ce phénomène à plusieurs personnes, M. le comte di Porcia fit descendre la sonde jusqu'au fond du puits, et lorsqu'on l'enleva, il surgit tout d'un coup, avec une extrême violence, à plus de 10 mètres de hauteur, une flamme de plus de deux mètres de largeur, avec un mélange d'eau, de sable, de gravier et d'argile. Ce cône de feu dura, à la hauteur de 10 mètres, pendant plus d'un quart d'heure; mais le jet de boue liquide s'affaiblissant peu à peu, la flamme s'abaissa successivement dans la même proportion. Cependant elle dura encore plus de deux heures à 2 mètres de hauteur au-dessus du tuyau avec un éclat des plus brillans.

Mais ce ne sont là que des dégagemens partiels et tout-à-fait accidentels, tandis qu'il existe de véritables sources de gaz dont l'éruption est continue et parfois excessivement abondante.

Des contrées entières sont criblées de ces sources singulières et souvent invisibles; car si le gaz ne s'échappe pas sous une couche d'eau qu'il fait bouillonner, s'il n'est pas retenu dans des grottes ou des cavernes, si enfin il n'est pas susceptible de s'enflammer spontanément, rien ne dénote sa présence et il se répand librement dans l'atmosphère.

Les gaz qui sortent ainsi du sol sont presque toujours de l'acide carbonique et de l'hydrogène. Ce dernier est rarement pur, il est ordinairement sulfuré ou carboné. L'acide carbonique renferme assez souvent de l'azote, et l'on voit même ce dernier tout pur s'échapper aussi des fissures du sol. Presque tous ces corps gazeux sont accompagnés de bitume et principalement de naphte et de pétrole qui leur communiquent une odeur particulière et très-reconnaissable.

Les sources d'acide carbonique sont fréquentes. C'est à une source de cette nature qu'est dû le phénomène de la grotte du Chien, près Pouzzol, en Italie. Cet acide se rassemble sous une voûte qui le retient et forme, dans la partie inférieure de cette grotte, une couche de quelques pieds d'épaisseur, dans laquelle un chien succomberait bientôt à l'asphyxie, tandis qu'un homme debout respire librement dans la couche supérieure composée d'air atmosphérique.

L'Auvergne offre de nombreuses sources semblables et des grottes tout-à-fait analogues à celles d'Italie. On en voit à Montjoli, près de Clermont, dont on se sert pour conserver des matières putrescibles, en les plaçant

dans ces caves remplies d'acide carbonique, au moyen d'un traîneau que l'on en retire avec une corde.

On connaît aussi près d'Aigueperse un dégagement constant et considérable d'acide carbonique pur. Il s'échappe par l'ouverture naturelle qui existe sur une couche d'argile ou marne bleue. Il y a aussi près de Clermont un terrain où il suffit de percer un trou de sonde pour obtenir un dégagement abondant de ce gaz.

Le même gaz se dégage avec une extrême abondance de différens points de l'Eifel, contrée volcanique comme l'Auvergne.

« Il existe dans les bois qui entourent le lac Loacher une source atmosphérique fort curieuse, et qui rappelle, quoique sur une échelle plus petite, la fameuse grotte du Chien. C'est un dégagement souterrain d'acide carbonique qui se fait jour silencieusement à travers le sol, et vient aboutir à une espèce de fosse de deux à trois pieds de profondeur, pratiquée dans la terre végétale, au milieu des broussailles. Lorsque l'air est calme, la cavité se remplit presque uniquement d'acide carbonique, et il en résulte une asphyxie assez prompte pour les êtres qui viennent y respirer. Le fond du trou est couvert de débris; les insectes, et surtout les fourmis, y arrivent en grand nombre pour chercher leur nourriture; mais, privés d'air, ils y demeurent la plupart; et les oiseaux, à leur tour, apercevant l'appât trompeur, volent vers le piége et y sont pris. Les bûcherons connaissent fort bien cette manœuvre, visitent régulièrement l'endroit, et tirent profit de cette chasse dont la nature fait tous les frais (1). »

---

(1) Jean Reynaud, sur les Formations volcaniques des bords du Rhin, *Annales des Mines*, 3e série, t. II, p. 395.

C'est aussi quelquefois de l'air atmosphérique qui s'échappe du sein de la terre.

Les puits forés dans la grande masse de calcaire siliceux qui est à l'est et au sud-est de Paris, nous en offrent de nombreux exemples. Le plus remarquable est celui du puits foré fait à Nangis, près de Melun. Ce puits, percé à plus de 60 mètres dans le calcaire siliceux, sans aucune indication d'eaux jaillissantes, a présenté le phénomène d'un courant d'air des plus violens, et qu'on ne pouvait comparer qu'à celui d'une grosse soufflerie de forge. Ce courant présentait en outre la propriété singulière de s'affaiblir avec une sorte d'intermittence, à certaines heures de la journée (1).

M. de Thury croit qu'il est produit par de l'air atmosphérique entraîné dans des cavités par des courans d'eau souterrains. Ce serait alors un phénomène qui n'appartiendrait pas à la division dont nous nous occupons en ce moment.

L'hydrogène pur, mais plus souvent sulfuré ou carboné, étant susceptible de brûler avec une grande facilité, on voit quelquefois le gaz s'enflammer naturellement, et continuer ainsi pendant de très-longs intervalles. M. de Humboldt en cite un exemple fort curieux.

« Vis-à-vis la ferme de Bermudez, deux cavernes spacieuses s'ouvrent dans la crevasse du Cuchivano. Il en sort de temps en temps des flammes que l'on distingue de très-loin pendant la nuit. Les montagnes voisines en sont éclairées ; et, à juger par l'élévation des

---

(1) Notice sur quelques phénomènes qui ont accompagné le percement des puits artésiens dans les Pyrénées-Orientales, par M. Héricart de Thury. *Annales des Mines*, 3e série, t. IV, p. 523.

rochers au-dessus desquels ces émanations enflammées s'élèvent, on serait tenté de croire qu'elles atteignent une hauteur de plusieurs centaines de pieds. Ce phénomène a été accompagné d'un bruit souterrain sourd et prolongé, à l'époque du dernier tremblement de terre de Cumana. On l'observe surtout pendant la saison des pluies, et les propriétaires des fermes situées vis-à-vis de la montagne de Cuchivano assurent que les flammes sont devenues plus fréquentes depuis le mois de décembre de l'année 1797 (1). »

Les feux de Pietra-Mala, situés dans la région la plus élevée des Apennins, entre Bologne et Florence, sont célèbres depuis long-temps, et Lalande en a donné le premier une description exacte.

« Le plus beau spectacle, dit-il, que la physique offre dans ces montagnes, est le feu de la Pietra-Mala. Le terrain d'où cette flamme s'exhale a dix ou douze pieds en tout sens; il est sur le penchant d'une montagne, à mi-côte, parsemé de cailloux comme le reste du territoire, sans aucune fente ni crevasse..... Cette flamme est bleue en certains endroits, rouge dans d'autres, si vive, *surtout quand le temps est pluvieux* et que la nuit est obscure, qu'elle éclaire toutes les montagnes voisines. Lorsque je l'ai vue, le 24 octobre 1765, par une nuit froide et humide, il sortait de deux endroits deux tourbillons d'une flamme très-vive d'environ un pied de diamètre et un pied de haut. Dans le reste du terrain, il y avait de petits flocons d'une flamme légère et bleue, semblable à celle de l'esprit-de-vin; ils sortaient d'entre les cailloux et voltigeaient sur la surface du terrain.... »

---

(1) Humboldt, *Voyage aux régions équinoxial.*, t. III, p. 89.

« L'odeur de cette flamme, ajoute Lalande, m'a paru difficile à distinguer, à cause du vent qui l'emportait avec force; c'était une odeur qui tenait un peu du *soufre* ou plutôt de l'*huile de pétrole*. J'ai ouï dire à un physicien que c'était une odeur de *benjoin* très-décidée qu'il y avait reconnue. Madame Laura Bassi me disait qu'elle y trouvait une odeur approchant de celle qu'on aperçoit quelquefois dans les expériences de l'électricité. Il est vrai, ajoute Lalande, que, quand le temps est disposé au tonnerre, la flamme de la Pietra-Mala redouble de vivacité, ce qui semblerait indiquer quelque rapport avec le feu électrique (1). »

Spallanzani a recueilli dans neuf endroits différens les gaz qui servent d'aliment à ces feux; et après diverses expériences, il a reconnu qu'il sont tous de la même nature; c'est partout du *gaz hydrogène*, mais il a l'odeur moins désagréable que celui qu'on obtient par les dissolutions de *fer* ou de *zinc* dans les acides.

Il existe aussi en Dauphiné, près du village de St-Barthélemy, à quatre lieues au sud de Grenoble, des feux semblables à ceux de la Pietra-Mala, qui sont connus sous la dénomination très-impropre de *fontaine ardente*. Guettard et Montigny, qui les ont décrits les premiers, y indiquent très-clairement la présence du *gaz hydrogène*.

Des phénomènes semblables se sont montrés en Amérique et surtout en Asie.

Dans des recherches d'eau salée faites à Rocky-Hill, dans l'état de l'Ohio, près du lac Erié, la sonde, après avoir percé une profondeur de 197 pieds, tomba tout-à-coup; des eaux salées jaillirent au même instant, et

---

(1) Lalande, *Voyage en Italie*, t. II, p. 135, édit. in-8°.

après avoir coulé pendant plusieurs heures, firent place à une quantité considérable de gaz, qui, ayant été enflammé par un feu voisin, brûla tout ce qui se trouvait à sa portée. Il paraît aussi que M. Rœders, inspecteur des mines de sel de Gotesgabe, à Reine, dans le comté de Tecklenberg, se sert, depuis deux ou trois ans, d'un gaz inflammable qui sort de ces mines, non-seulement pour l'éclairage, mais pour les usages de sa cuisine. Il le tire des travaux souterrains qui ont été abandonnés, et le conduit, par des tuyaux, jusque dans sa maison. Un jet continu de ce gaz, qui paraît être de l'hydrogène carboné, s'échappe, depuis soixante ans, de l'une de ces mines (1).

On connaît en Chine un grand nombre de ces dégagemens de gaz combustible, et l'on a su les utiliser dans plusieurs endroits.

Les plus célèbres puits à feu sont ceux du Iru-Tchhnan; ils se trouvent toujours dans le voisinage des salines, qui sont très-fréquentes dans cette province. Nous devons des détails curieux sur ceux du département de *Kia ting fou* (2), ville située par 101° 28′ 45″ de longitude E., et 29° 27′ de latitude N., à M. Imbert, missionnaire français, qui réside encore dans cette contrée. « Il y a, dit-il, quelques dizaines de mille de puits salans dans un espace d'environ dix lieues de long sur 4 ou 5 lieues de large. Chaque particulier un peu riche se cherche quelque associé, et creuse un ou plusieurs puits : c'est avec une dépense de 7 à 8,000 francs.

---

(1) *Transact. new philos. Soc. and Edimb. philos. Journal*, cités par Labèche

(2) Ils sont situés dans les territoires des villes Young hian, 102° 7 long. est, 29° 33′ lat. nord. Wei yian 102° 12′, 29° 38′.

L'air qui sort de ces puits est très-inflammable. Si l'on présentait une torche à l'ouverture du puits quand le tube plein d'eau est près d'y arriver, il s'enflammerait en une grande gerbe de feu de vingt à trente pieds de haut, et brûlerait la halle avec la rapidité et l'explosion de la foudre. Cela arrive quelquefois par l'imprudence ou la malice d'un ouvrier qui veut se suicider en compagnie.

Les grands puits de feu sont à *Thsee lieou tsing* (1), bourgade située dans les montagnes, au bord d'une petite rivière; il y a aussi des puits de sel creusés de la même manière qu'à Ou thung Khiao. Dans une vallée voisine, se trouvent quatre puits qui donnent du feu en une quantité vraiment effroyable, et point d'eau. Ces puits, dans le principe, ont donné de l'eau salée; l'eau ayant tari, on creusa, il y a environ quatorze ans, jusqu'à 3,000 pieds et plus de profondeur, pour trouver de l'eau en abondance : ce fut en vain; mais il sortit soudainement une énorme colonne d'air qui s'exhala en grosses particules noirâtres. Cela ne ressemble pas à la fumée, mais bien à la vapeur d'une fournaise ardente : cet air s'échappe avec un bruissement et un ronflement affreux qu'on entend fort loin.

L'orifice du puits est surmonté d'une caisse de pierre de taille qui a six ou sept pieds de hauteur, de crainte que, par inadvertance ou par malice, quelqu'un ne mît le feu à l'embouchure du puits : ce malheur est arrivé il y a quelques années. Dès que le feu fut à la surface du puits, il se fit une explosion affreuse et un assez fort tremblement de terre. La flamme qui avait envi-

---

(1) 102° 29′ — 29° 27′ —— Le nom de *Thsee lieou tsing* signifie *puits qui coule de lui-même.*

ron deux pieds de hauteur, voltigeait sur la surface du terrain, sans rien brûler. Quatre hommes se dévouent, et portent une énorme pierre sur l'orifice du puits; aussitôt elle vole en l'air. Trois hommes furent brûlés; le quatrième échappa au danger. Ni l'eau ni la boue ne purent éteindre le feu. Enfin, après quinze jours de travaux opiniâtres, on porta de l'eau en quantité sur la montagne voisine; on y forma un lac, et on lâcha l'eau tout-à-coup; elle vint en quantité avec beaucoup d'air, et elle éteignit le feu. Ce fut une dépense d'environ 30,000 francs, somme considérable en Chine (1).

Un autre *hosieing* ou puits de feu très-célèbre existait autrefois dans le Iru Tchhnan, à 80 li sud-ouest de la ville actuelle de Khioung Tcheou (2), et au sud de la montagne Siang Thaïchan. Il avait 5 pieds chinois de largeur, et sa profondeur était entre deux et trois toises. La flamme en sortait sans interruption et avec un bruit semblable à celui du tonnerre; elle s'élevait si haut, qu'elle éclairait, pendant la nuit, tout le pays, sur une étendue de quelques dizaines de li. Les habitans du voisinage conduisaient le gaz inflammable du puits, par des tuyaux de bambou, dans leurs maisons. Deux sources salées découlaient de ce puits, dont l'eau ébouillie donnait 30 pour cent de sel. Le feu du puits est actuellement éteint; mais il a brûlé, d'après ce qu'on sait, depuis le 2e jusqu'au 13e siècle de notre ère (3).

---

(1) Ces détails sont extraits de l'ouvrage de M. de Humboldt, intitulé *Climats asiatiques*, p. 196.

(2) Par 101° 6′ longit. est, 30° 27′ lat. nord.

(3) Klaproth, cité par Humboldt. *Climats asiatiques*, t. I, p. 208.

Les simples dégagemens de gaz se compliquent quelquefois de petites éruptions boueuses qui, dans certaines circonstances, sont accompagnées d'une légère détonnation. Il en résulte alors un phénomène que l'on pourrait dire intermédiaire entre les simples dégagemens de gaz et les véritables volcans, si tous ces effets n'étaient pas intimement liés et n'avaient pas pour point de départ la surface d'action dont nous avons parlé en décrivant les eaux minérales. Cependant on donne aux petites éruptions que nous allons décrire le nom de *salses, volcans d'air, volcans d'eau.* On les a observées dans le Milanais, en Sicile, en Crimée, en Chine, en Tartarie, en Amérique, etc. Les gaz qui se dégagent sont un mélange d'hydrogène carboné et d'acide carbonique, quelquefois même de l'azote pur. Il se forme autour des trous de petits cônes terreux dont la hauteur ordinaire est de trois, quatre, cinq à six pieds, et qui s'élèvent même jusqu'à 150. L'eau est chargée de sel marin, ordinairement froide, quelquefois chaude, et l'on rencontre presque toujours du bitume dans le voisinage. On a observé que les salses étaient plus actives après les temps de pluie, et que quelquefois les gaz qui s'en dégagent s'enflammaient naturellement.

Les salses de Salsuolo, près Modène, ont été décrites par Spallanzani, qui les considérait comme des volcans en miniature. On y observe un cône tronqué à l'extérieur, formant intérieurement un entonnoir renversé. Les matières terreuses, agitées et quelquefois lancées en haut, se versent plus souvent sur les côtés et forment de petits courans. Ces cônes s'ouvrent; ils donnent naissance à plusieurs bouches, et, *comme les volcans*, ils sont en furie, il détonnent, produisent de petits tremblemens de terre, et s'abandonnent aussi quelquefois au repos.

Les salses de Sicile sont situées près de Girgenti ou l'ancienne Agrigente. Strabon et Solin les mentionnent déjà.

« La campagne d'Agrigente, dit ce dernier, vomit des torrens de limon, et comme l'eau des sources alimente sans cesse les ruisseaux, de même ici le sol inépuisable tire perpétuellement de son sein une matière terreuse qui ne tarit jamais. »

Dolomieu, qui les visita en 1781, les a décrites avec soin. Elles sont situées dans un lieu nommé Macalouba, sur la côte méridionale de la Sicile.

« Le sol du pays est *calcaire*; il est recouvert de montagnes et de monticules d'*argile*, dont quelques-uns ont un noyau gypseux. Après une heure de marche, je trouvai, dit-il, le lieu qui m'était désigné. J'y vis une montagne d'argile, à sommet aplati, dont la base n'anonnçait rien de particulier.; mais sur la plaine qui la termine, j'observai le plus singulier phénomène que la terre m'eût encore présenté.

» Cette montagne, à base circulaire, représente imparfaitement un cône tronqué; elle peut avoir cent cinquante pieds d'élévation; elle est terminée par une plaine un peu convexe, qui a un demi-mille (ou 400 toises) de tour. On voit sur ce sommet un très-grand nombre de cônes tronqués. Le plus grand peut avoir 2 pieds et demi; les plus petits ne s'élèvent que de quelques lignes; ils portent tous sur leur sommet de petits cratères en forme d'entonnoirs, proportionnés à leur monticule. Le sol sur lequel ils reposent est une argile grise et desséchée, qui recouvre un vaste et immense gouffre de boue, dans lequel on court le plus grand risque d'être englouti.

» L'intérieur de chaque petit cratère est toujours humecté. Il s'élève à chaque instant, du fond de l'en-

tonnoir, une argile grise délayée, à surface convexe. Cette bulle, en crevant avec bruit, rejette hors du cratère l'argile qui coule à la manière des laves sur les flancs du monticule. L'intermittence est de deux ou trois minutes.

» Je trouvai, ajoute Dolomieu, sur la surface de quelques-unes de ces cavités, une pellicule d'*huile bitumineuse*, d'une odeur assez forte, que l'on confond souvent avec celle du *soufre*.

» Cette montagne a ses momens de grande fermentation, où elle présente des phénomènes qui ressemblent à ceux qui annoncent les éruptions dans les *volcans* ordinaires. On éprouve, à une distance de deux ou trois milles, des secousses de tremblemens de terre souvent très-violentes. Il y a des éruptions qui élèvent perpendiculairement, quelquefois à plus de deux cents pieds, une gerbe d'argile détrempée. Les explosions se répètent trois ou quatre fois dans les 24 heures; elles sont accompagnées d'une odeur fétide, de *foie-de-soufre* (ou *gaz hydrogène sulfuré*), et quelquefois, dit-on, de fumée. Dans la description faite par un témoin oculaire d'une éruption antérieure, et qui est rapportée par Dolomieu, il dit que l'éruption commença par une espèce de fumée qui, sortant du gouffre, s'éleva à la hauteur de quatre-vingts palmes, et avait, en quelques parties, *la couleur de la flamme*.

» Dans les environs, à un demi-mille de distance, il y a plusieurs monticules où l'on voit les mêmes effets, mais en petit; on les nomme, par diminutif, *Macaloubettes* (1). »

---

(1) *Voyage aux îles de Lipari*, p. 153 à 168.

Pallas décrit aussi un phénomène analogue que présente la presqu'île de Kertche, et l'île de Taman, dans la partie orientale de la Crimée.

« L'explosion, dit Pallas, s'est faite à cet endroit, avec un fracas semblable à celui du tonnerre, et avec l'apparition d'une gerbe de feu, qui n'a duré qu'environ trente minutes, accompagnée d'une fumée épaisse. Cette fumée et l'ébullition la plus forte ont duré jusqu'au lendemain; après quoi la vase liquide a continué à déborder lentement, et a fourni six coulées, lesquelles, du faîte de la colline, se sont répandues dans la plaine. La masse de vase qui forme les coulées, épaisses de trois jusqu'à cinq archines (de six à dix pieds et plus), peut être évaluée à plus de cent mille toises cubes (1). »

M. de Humboldt a aussi étudié en Amérique le phénomène des salses, et a joint à sa description une des plus magnifiques planches de son important voyage. Elle représente les salses de Turbaco. Dans une herborisation que fit cet illustre voyageur, des Indiens lui indiquèrent un terrain marécageux situé au milieu d'une forêt de palmiers, et qu'ils désignaient sous la dénomination de petits volcans (*los volcancitos*). Ils racontaient que, d'après une tradition consacrée dans le village, ce terrain avait été jadis enflammé; mais qu'un bon religieux, connu par sa piété, était parvenu, au moyen de fréquentes aspersions d'eau bénite, à éteindre le feu souterrain et à convertir le volcan de feu en un volcan d'eau, *volcan de agua*.

« Sans croire aux prétendues traditions de Turbaco, dit M. de Humboldt, nous nous fîmes conduire par les

---

(1) Pallas, *Tauride*, p. 39.

Indiens aux *volcancitos* de la forêt, nous y trouvâmes le phénomène des *salses* ou *volcans d'air* dont l'étude n'est pas sans intérêt pour la connaissance si importante des éruptions boueuses.

» Dans une partie de cette forêt, très-abondante en palmiers, se trouve une clairière de 800 pieds en carré, entièrement dépourvue de végétation, mais bordée de touffes de bromelia karatas, dont la feuille ressemble à celle des ananas communs. Ce terrain n'offre à sa surface que des couches d'argile gris-noirâtre, fendillées par dessèchement en prismes pentagones et heptagones. Ce que l'on appelle les *volcancitos* sont 15 à 20 petits cônes tronqués qui s'élèvent au milieu de la clairière; ils ont 3 à 4 toises de hauteur. Les plus élevés se trouvaient du côté du midi, et leur base avait, lors de mon séjour dans ces lieux, une circonférence de 220 à 240 pieds (1).

» Ces cônes sont formés d'une argile gris-noirâtre : à leur sommet se trouve une ouverture remplie d'eau; lorsqu'on s'approche de ces petits cratères, on entend par intervalle un bruit sourd et assez fort, qui précède de 15 à 18 secondes le dégagement d'une grande quantité d'air. La force avec laquelle cet air s'élève au-dessus de la surface de l'eau, peut faire supposer que, dans l'intérieur de la terre, il éprouve une grande pression : j'ai compté généralement cinq explosions en deux minutes. Souvent ce phénomène est accompagné d'une éjection boueuse. Les Indiens nous ont assuré que les cônes ne changent pas sensiblement de forme dans l'espace d'un grand nombre d'années; mais la

(1) Humboldt, *Voyage aux régions équinoxiales;* t. XII, p. 358.

force d'ascension du gaz et la fréquence des explosions paraissent varier selon les saisons (1). »

Le gaz que dégagent en abondance ces petits cônes d'argile, analysé par M. de Humboldt, s'est trouvé de l'azote pur, et ne contenait pas un demi-centième d'oxigène.

Une éruption analogue à celle des salses vient d'avoir lieu récemment dans le comté d'Antrim en Irlande. Le théâtre de l'éruption fut le marais de Sloggan, le plus considérable de ceux qui se trouvent au nord de l'Irlande; il couvre presque en entier un espace de onze mille acres de terrain : il est situé à 7 milles de Ballymena, et à 2 milles de Randalstown; la grande route de Belfast à Londonderry le divise pour ainsi dire en deux.

« Ce fut le 17 septembre 1835 que l'éruption commença; depuis quelques jours, le marais se soulevait graduellement au centre; il avait ainsi atteint une élévation de 30 pieds, lorsque, à 5 heures de l'après-midi, un bruit pareil au mugissement d'un vent très-violent se fit entendre, la masse entière du marais s'abaissa de quelques pieds, et un fleuve de boue se mit lentement en mouvement; son cours fut arrêté à une distance de quelques perches, par des fonds profonds, des marais, de légères éminences, et d'autres obstacles contre lesquels sa force s'épuisa, durant la nuit du 17 au 18. Pendant toute la journée du 18, il n'avança que de 15 perches environ. Dans la nuit du 18 au 19, la masse tourbeuse demeura stationnaire, mais elle se gonfla comme dans les jours qui avaient précédé l'éruption; et le 19, vers le milieu de la journée,

(1) Humboldt, *Vues des Cordillères*, etc., t. II, p. 210.

elle fit entendre le même bruit. L'éruption se traîna lentement jusqu'au 21, jour auquel elle n'avait atteint encore que la distance d'environ un quart de mille depuis son origine; son cours ayant été intercepté par des masses de foin et de blé, elle resta à peu près stationnaire jusqu'au 23. Ce jour-là, vers trois heures du soir, elle se précipita tout-à-coup en avant avec une vîtesse si grande, qu'il était impossible de la suivre à pied. Le 24, elle atteignit la grande route, pénétra dans une chaumière, autour de laquelle elle s'éleva à la hauteur de 10 pieds, puis se précipita sur le chemin comme une cascade de boue, en produisant le même bruit qu'une immense chute d'eau, et l'eut bientôt recouvert, sur une étendue de 300 yards (900 pieds), d'une masse boueuse de 10 pieds de haut; puis elle descendit de la vallée qui, pendant l'espace d'un demi-mille, est légèrement en pente, et arriva jusqu'au bord de la rivière Maine. Dans le jour suivant, la masse se précipita dans la rivière qui, dans cet endroit, n'a que 4 pieds de profondeur, en intercepta le cours pendant plusieurs heures, et s'étendit sur l'autre rive; mais bientôt la rivière, élevée à la hauteur de cette digue, acquit assez de force pour la briser, et la masse boueuse fut entraînée par le courant. Pendant les trois jours suivans, le marais ne discontinua pas de couler dans la Maine; c'est seulement le 28 que l'éruption cessa, après avoir duré dix jours.

Le passage de cette masse boueuse au travers de la rivière fit périr une quantité immense de poissons; on recueillit plusieurs quintaux de saumons et de truites. Quinze jours après cette éruption, M. Hunter ayant été visiter ce marais, n'aurait pas soupçonné, s'il ne l'eût su, qu'il avait subi un tel bouleversement; seulement, il s'était abaissé de 20 pieds au-dessous de son

niveau ordinaire, et un petit étang circulaire occupait le creux de la partie centrale. Cette circonstance rappelle les étangs circulaires qui se sont formés en Calabre pendant les tremblemens de terre de 1793 (1). »

Le phénomène des salses ne se produit pas toujours aussi paisiblement que dans les derniers exemples que nous venons de rapporter. Il en existe qui sont presque toujours enflammées et dont les éruptions ont une certaine puissance. Telles sont les salses de Bakou sur le bord de la mer Caspienne. Elles sont éloignées de 15 verst à l'E.-N.-E. de cette ville. Les habitans les désignent sous le nom de *Atcch-gah*, ou lieux à feu. « Il serait à présent très-difficile de dire si ces feux se sont allumés d'eux-mêmes. Les gens du pays et les Hindous ignicoles qui s'y sont établis au nombre de vingt environ, prétendent que les feux brûlent depuis la création du monde; mais on sait que le peuple est enclin à regarder comme existant de toute éternité tout phénomène qui date de plusieurs générations. Cependant l'éruption qui arriva le 27 novembre 1827, près du village de *Jokmali*, à 14 verst à l'ouest de Bakou, se manifesta d'abord par une colonne de feu dans un lieu où on ne voyait pas de flamme auparavant. Cette colonne de feu se soutint, pendant 3 heures, à une hauteur extraordinaire, baissa ensuite jusqu'à celle de 3 pieds, et brûla ainsi pendant 24 heures. Ce phénomène pourrait faire croire que les grands feux de Bakou auraient eu une origine semblable; mais il faut observer qu'à Jokmali l'apparition de cette colonne de feu fut accom-

---

(1) Details sur l'éruption d'un marais tourbeux (*bog*) dans le comté d'Antrim en Irlande, par M. W. P. Hunter. *Institut*, 4e année.

pagnée d'une éruption de limon argileux qui souleva de deux à trois pieds tout le terrain qu'il a couvert sur une largeur de 200 à 150 toises. Du reste, l'aspect de ce lieu démontre que des éruptions antérieures y ont déjà eu lieu; l'argile grise de la dernière existe sur un terrain de même nature, mais qui a beaucoup plus d'étendue, car c'est une plaine revêtue d'argile brune et sur laquelle on ne rencontre aucune trace de végétation. Ce terrain est incontestablement d'origine volcanique, et l'argile, originairement grise, n'est devenue brune que parce que le fer qu'elle contient a été oxidé par l'action continue de l'air atmosphérique. A l'*Atech-gah*, on ne voit pas cette couche d'argile; le feu principal qui brûle dans la cour de l'habitation des Hindous, sort d'un roc calcaire ou coquillier qui a une inclinaison de 25° au S.-E. Le feu sort des fentes, dont il rend les parois bleuâtres. Actuellement les Hindous ont muré la plupart de ces fissures pour réunir le gaz dans quatre bouches principales. Par conséquent, si le gaz qui brûle en cet endroit doit son origine à une colonne volcanique de feu, cette éruption n'a pas été accompagnée d'éjections argileuses. »

Indépendamment des *grands feux*, il y en a aussi de petits à l'ouest de Bakou, à peu près à 5 verst de la salse de Jokmali; mais ceux-ci sont éteints tous les ans par la pluie ou par la neige; ils étaient du moins dans cet état quand M. de Humboldt les visita au mois de mars (1). Ils sont, du reste, faciles à rallumer, et le gaz qui leur donne naissance se trouve dans le sol en si grande abondance, que les habitans de cette contrée n'emploient pas d'autre combustible. Il suffit de

(1) Humboldt, *Climats asiatiques*, t. I, p. 172.

creuser le sol pour obtenir un dégagement, et souvent on se contente d'y enfoncer un roseau qui amène le gaz et que l'on allume à l'extrêmité qui le laisse échapper.

On a vu dans tout ce qui précède que le gaz inflammable était généralement accompagné d'eau salée et de bitume, et l'on remarque la même association dans tous les lieux où s'opèrent de semblables phénomènes. Ainsi, en Auvergne, au puy de la Poix, où il y a, de temps immémorial, une source de pissasphalte, il y a aussi production d'eau salée et dégagement d'une grande quantité d'hydrogène sulfuré. En Tartarie, où existent d'abondantes sources de naphte, elles sont encore accompagnées de sel marin.

On pourrait supposer avec vraisemblance que ces bitumes et ces gaz proviennent de la décomposition des matières organiques enfouies dans les terrains de sédiment; mais on a des exemples de sources de bitume sortant de terrains cristallisés, puisque, dans le golfe de Curiaco, une abondante émission de pétrole a lieu dans un terrain de micaschiste (1).

Nous ne reviendrons donc pas sur ce que nous avons déjà dit en parlant de la théorie des eaux minérales; il nous semble que l'on doit regarder les dégagemens de gaz et de bitume comme produits par des actions tout-à-fait semblables à celles qui créent les eaux minérales; seulement, dans quelques cas particuliers, l'action paraît plus intense, et il n'est pas douteux que le phénomène des salses, comme celui des eaux thermales et des volcans, n'ait joué un rôle plus actif avant l'épaississement de l'écorce figée de notre planète.

---

(1) Humboldt, *Voyage aux régions équinoxial.*, t. X, p. 266.

CHAPITRE VINGT-DEUXIÈME.

DES TREMBLEMENS DE TERRE.

Toutes les parties de la terre sont exposées à des secousses plus ou moins violentes, et qui occasionnent quelquefois les accidens les plus graves. Ce phénomène semble cependant plus fréquent en certains lieux que dans d'autres; ainsi les îles y sont plus exposées que les continens, les rivages plus que l'intérieur des terres, et les contrées voisines de l'équateur plus que les pays rapprochés des pôles.

On a remarqué aussi que les tremblemens de terre avaient lieu principalement dans les terrains volcaniques et surtout dans les pays couverts de volcans éteints ou peu actifs, auxquels ils paraissent, du reste, intimement liés, car souvent ils précèdent les éruptions, et quelquefois aussi ils les accompagnent.

On ignore encore si les tremblemens de terre sont indépendans de l'état de l'atmosphère; il est bien probable cependant que des secousses assez puissantes pour ébranler une partie de l'énorme croûte solide qui revet notre planète, qu'une force capable de fendre le terrain, de le briser de mille manières, de le soulever, et de renverser les villes et leurs palais, doivent avoir sur une atmosphère mobile et capable d'être pénétrée par plusieurs fluides, une action toute spéciale, que nos

sens ne peuvent peut-être pas distinguer, mais qui n'en existe pas moins. On a remarqué que les secousses arrivent principalement à la suite des années très-pluvieuses; elles sont quelquefois précédées ou suivies d'ouragans, de météores ignés, de vapeurs qui sortent de la terre; l'air est rouge et comme embrasé, le ciel est couvert de nuages épais et noirs; le temps est lourd, accablant; on entend un tonnerre souterrain; les animaux paraissent souffrans et plaintifs; les oiseaux crient et s'agitent; les sources s'arrêtent ou se troublent; la mer mugit et se soulève d'une manière brusque et furieuse; elle se retire tout-à-coup et revient inonder les terres; les vaisseaux s'entrechoquent dans le port, ils éprouvent même en pleine mer des secousses subites et violentes, comme s'ils donnaient contre un rocher.

Les tremblemens de terre ne sont quelquefois que momentanés. Souvent ils se prolongent pendant des semaines et des mois entiers; on en a vus, au Pérou, se répéter chaque jour pendant plusieurs années de suite. Dans certaines contrées, ils sont, en quelque sorte, périodiques. A la Jamaïque, on doit s'attendre à cet événement tous les ans. Le choc produit par un tremblement de terre ne détermine pas toujours la même espèce de mouvement dans le sol; tantôt ce sont des ondulations plus ou moins violentes qui détruisent promptement tous les édifices, et qui ressemblent au roulis d'un vaisseau sur une mer agitée; tantôt c'est une simple trépidation, comme si la terre était simplement choquée en un seul point.

Un fait qui a toujours paru fort remarquable, c'est la rapidité prodigieuse avec laquelle les commotions souterraines se communiquent depuis leur foyer principal jusqu'à des distances de plusieurs centaines de lieues.

Le tremblement de terre affreux de 1755, dont le

foyer se trouvait à Lisbonne, se fit sentir presque au même instant sur les côtes occidentales de l'Europe jusqu'en Danemarck, et sur les côtes d'Afrique, où il renversa plusieurs villes des royaumes de Fez et de Maroc.

Les tremblemens de terre, de même que les éruptions volcaniques, datent des siècles les plus reculés; il est probable même, comme le pense Buffon, qu'ils ont précédé les éruptions; mais ceux dont les historiens nous ont conservé la mémoire ne remontent pas (au moins d'une manière certaine) au-delà de l'ère chrétienne.

Avant de chercher à connaître les causes qui peuvent produire ou modifier les tremblemens de terre, nous allons passer en revue quelques exemples que nous classerons par ordre chronologique, et que nous choisirons parmi ceux qui offrent le plus d'intérêt sous le rapport des caractères qu'ils ont pu imprimer aux terrains qui ont été atteints par leurs secousses.

L'an 17, sous l'empire de Tibère, tremblement de terre dans l'Asie mineure, qui renversa douze villes.

L'an 115, sous Trajan, Antioche, capitale de la Syrie, fut détruite si subitement que le consul Pédon y périt, et que l'empereur Trajan, qui s'y trouvait alors, ne s'en sauva qu'avec peine.

En 358, tremblement de terre qui se fit sentir en Asie, en Macédoine et dans le royaume de Pont, d'une manière si violente, qu'il causa la destruction de cent cinquante villes, et, entre autres, de Nicomédie (aujourd'hui Ismide), en Natolie.

En 528, Antioche fut renversée pour la seconde fois. Il y périt quarante mille âmes.

En 580, du temps de saint Grégoire, elle éprouva, pour la troisième fois, une semblable catastrophe. Soixante mille habitans furent écrasés sous ses ruines.

En 742, 746 et 749, les tremblemens de terre furent si multipliés et si terribles en Egypte et dans tout l'Orient, que six cents villes, dit-on, furent culbutées.

En 1182, sous le sultan Saladin, la plupart des villes de Syrie et de la Judée éprouvèrent le même fléau.

En 1403, sous l'anti-pape Benoît XIII, Rome fut ravagée par un tremblement de terre. Ce fut le quarante-troisième qu'elle avait éprouvé depuis l'ère chrétienne.

Buffon dit que, sous le pontificat de Pie II (qui régna de 1458 à 1464), la ville de Naples fut tellement secouée par un tremblement de terre, que les églises et les palais furent tous renversés, et qu'il y périt trente mille personnes.

En 1532, Lisbonne éprouva un désastre semblable à celui dont elle fut de nouveau la victime en 1755, et d'après le rapport de Paul Jove, historien contemporain, il paraît que les circonstances furent absolument les mêmes.

En 1586 et 1596, les deux villes capitales du Japon, Iedo et Meaco, furent entièrement désolées.

En 1660, un tremblement de terre assez violent se fit sentir à Bordeaux. Guy Patin, qui en parle (lettre 186), observe que ce fut trois ans avant que Louis XIV y fît son entrée. La même secousse s'étendit en Auvergne et dans les Pyrénées, où elle se prolongea pendant trente-six heures.

En 1692, un épouvantable tremblement de terre se fit sentir à la Jamaïque, dans une direction parallèle à la surface du terrain. Le sol fut gonflé et semblait onduler, comme si c'eût été la surface de la mer. L'île fut traversée par de nombreuses crevasses; deux ou trois cents d'entre elles s'ouvrirent et se fermèrent avec rapidité. Un grand nombre d'habitans furent engloutis

dans ces déchirures. Quelques-uns en sortirent ensuite, rejetés sur le sol par une grande quantité d'eau qui s'en échappait; d'autres furent étouffés par ces déchirures, pressés de droite et de gauche dans des terres qui se rapprochaient, et qui ne laissèrent qu'une partie de leurs corps hors de ces crevasses. La ville de Port-Royal, qui contenait plus de 2,000 maisons, fut presque entièrement détruite. La mer fut agitée comme dans une tempête, et la violence des vagues fut telle dans le port que plusieurs vaisseaux rompirent leur câble et furent emportés de dessus leurs ancres. Les maisons voisines de la mer s'écroulèrent à la fois, et d'énormes vagues les couvrirent aussitôt. La frégate le *Cygne*, qui était en radoub le long du quai, fut poussée par les vagues au-dessus du faîte des maisons, et sauva la vie à plusieurs centaines de personnes qui s'y réfugièrent. Plusieurs maisons s'enfoncèrent verticalement, et quelques-unes même avaient encore leur partie supérieure au-dessus des eaux. Elles ont, depuis cette époque, été complètement englouties; mais, par un temps calme, on voit encore près de la nouvelle ville les ruines de l'ancienne sous les eaux.

1693. Le 11 janvier, de violentes secousses se firent sentir en Sicile; Catane et quarante-neuf autres villes furent détruites; il périt 100,000 individus. Vicento-Banajutus, qui rapporte cet événement, dit que le fond de la mer s'enfonça à une grande profondeur dans les ports, les baies, et toutes les parties ouvertes de la côte, tandis que sur d'autres points l'eau s'élevait en bouillonnant sur le rivage. De nombreuses et longues fissures de différentes largeurs s'ouvrirent dans diverses directions; quelques-unes lancèrent de l'eau sulfureuse, et l'une d'elles, dans la plaine de Catane, à quelques milles de la mer, rejeta de l'eau salée. Dans

la ville de Noto, à six lieues au sud-ouest de Syracuse, les pierres des édifices d'une des principales rues, sur une longueur d'un quart de lieue, coulèrent sur leur base, et demeurèrent sur les côtés; dans une autre rue, s'ouvrit une crevasse assez large pour engloutir un homme à cheval.

1698. Le 19 juillet, une violente secousse ébranla tellement le volcan de Carguairazo, situé près de Quito, qu'une partie du cratère et du sommet de la montagne s'écroula avec fracas, pendant qu'une profonde crevasse s'ouvrait sur les flancs et laissait échapper un torrent d'eau et de boue.

1699. Pendant cette année, 208 secousses se firent sentir à l'île de Java, et plusieurs étaient extrêmement violentes. Plusieurs maisons s'écroulèrent à Batavia. Le Mont-Salak, qui en est éloigné de six journées, fit entendre un bruit épouvantable, et de Batavia, on aperçut la lueur des flammes qui s'échappaient de son cratère. Le lendemain matin, la rivière de Batavia, qui prend sa source au pied de cette montagne, se grossit tout-à-coup, devint bourbeuse, et entraîna une grande quantité de buissons et d'arbres à moitié brûlés. Le lit de la rivière ayant été soulevé, l'eau fut arrêtée dans son cours, et inonda tous les environs. Les jardins situés autour de la ville, et quelques-unes de ses rues, furent couverts de poissons morts. Un grand nombre de buffles, de tigres, de rhinocéros, de singes, et d'autres animaux sauvages, furent entraînés par le courant, et les crocodiles, malgré leur faculté de vivre sur la terre ou dans l'eau, furent trouvés morts au milieu de ces cadavres. Sept collines voisines de la rivière s'enfoncèrent. Ces collines, descendant sur l'un et l'autre côté de la vallée, remplirent son lit, et les eaux se frayant un passage sur leur masse, coulèrent

épaisses et bourbeuses. La rivière de Tangaran fut aussi enfermée par neuf collines qui se rapprochèrent, et l'on trouva dans son lit une grande quantité d'arbres flottans.

1725 et 1726. Entre ces deux années, et pendant une éruption de l'OErœfe-Lœkull, une grande étendue de terres élevées s'affaissa, et forma un lac, et à un quart de lieue de là une colline s'éleva du milieu d'un autre lac et le convertit en un terrain aride.

1746. Le 29 octobre, la ville de Lima, l'une des plus considérables de l'Amérique Espagnole, fut entièrement détruite. Après une longue série de secousses, l'Océan se retira deux fois, et revint avec impétuosité sur le rivage. Une partie de la côte de Callao fut convertie en une baie; quatre autres ports, au nombre desquels on compte Cavalla et Guanape, partagèrent le même sort que Lima. De 23 navires de toutes dimensions qui se trouvaient dans le port de Callao, 19 furent coulés à fond, et les quatre autres, parmi lesquels se trouvait une frégate appelée le *Saint-Firmin,* furent entraînés à une grande distance par la force de la vague. Le nombre des habitans de Lima s'élevait à 4,000; 200 seulement échappèrent au désastre. Parmi ces derniers, 22 se sauvèrent sur un petit fragment du fort de Vera-Crux, qui, après cette inondation, resta comme unique témoin attestant la place qu'occupait Callao. Lima est tellement sujette à ces terribles catastrophes, qu'elle en a été presqu'entièrement renversée quatorze fois dans moins de deux siècles; savoir: en 1582, 1586, 1609, 1655, 1678, 1687, 1697, 1699, 1716, 1725, 1732, 1734, 1743 et 1746.

1750. Les 25 et 26 mai, toute la partie de la France qui avoisine les Pyrénées fut violemment agitée; aux

environs de Tarbes, il se forma un lac par l'affaissement du sol qui avait été miné par des courans d'eau souterrains.

La même année, et un jour plus tôt, le 24 mai, l'ancienne ville de la Conception, ou Peuco, dans le Chili, fut détruite par de violentes secousses; l'emplacement qu'elle occupait fut entièrement couvert par les eaux de la mer, et les habitans allèrent construire une autre ville à 10 milles de la côte, afin de ne plus être atteints par de telles inondations.

1751. Le 15 septembre, les Antilles furent ébranlées, et le 21 novembre, la ville de Port-au-Prince, capitale de l'île d'Haïti, fut renversée de fond en comble.

1755. Le premier novembre, à 9 heures 45 minutes du matin, commença le désastre de Lisbonne. On entendit sous terre un bruit semblable à celui du tonnerre, et immédiatement après, une secousse des plus fortes renversa la plus grande partie de la ville. Six minutes après, 60,000 personnes avaient péri sous les ruines des églises et des édifices. La mer, qui d'abord s'était retirée, s'éleva bientôt à plus de 50 pieds au-dessus de son niveau ordinaire. Les montagnes d'Arrabida, d'Estrella, de Marao et de Cintra, qui appartiennent aux plus grandes chaînes du Portugal, furent violemment ébranlées; la plupart d'entr'elles s'ouvrirent à leur sommet, et se fendirent jusqu'à leur base; d'énormes blocs de rochers roulèrent dans les vallées voisines. Quelques personnes disent même avoir aperçu des flammes et de la fumée s'échapper de ces fractures récentes. Un quai, nouvellement et solidement bâti en marbre, s'affaissa tout-à-coup; un grand nombre de bateaux et de petits navires attachés à l'ancre près de là, et tous remplis de monde, furent ensevelis dans un

gouffre qui se forma subitement, et qui paraît avoir une centaine de brasses de profondeur.

L'action de ce tremblement de terre s'étendit très-loin. A Cadix, on vit venir du large, à huit milles de distance, une montagne d'eau de 60 pieds de hauteur; elle se jeta impétueusement sur les côtes, et ruina un grand nombre d'édifices; semblable à la lame de 84 pieds de haut qui, le 9 juin 1586, lors du grand tremblement de terre de Lima, avait couvert le port de Callao.

Le port de Setubal, à 20 lieues de Lisbonne, fut englouti. A Kinsale, en Irlande, l'eau envahit le port, et plusieurs vaisseaux pirouettèrent et allèrent tomber dans la place du Marché. Tous les lacs de la Suisse furent violemment agités; il en fut de même de ceux de l'Ecosse. Les eaux du lac de Ness se soulevèrent tout-à-coup, et débordèrent avec une impétuosité extraordinaire; elles continuèrent à osciller avec beaucoup de force pendant plusieurs heures de suite.

Celles du lac Lomond s'abaissèrent d'abord et s'épanchèrent ensuite hors des bords : leur plus grande élévation fut de 2 pieds 4 pouces. Les eaux de la mer, sur les côtes de la Suède et de la Norwège, furent aussi très-sensiblement soulevées, et non-seulement toute l'Europe se ressentit de cette mémorable catastrophe, mais le même jour elle se fit sentir en Amérique et en Afrique. On ressentit les secousses en Amérique, à la Martinique, à Antigua et à la Barbade, éloignées de 1,200 lieues des côtes du Portugal. Les marées, qui ne dépassent jamais 24 à 28 pouces dans cette dernière localité, s'élevèrent à 20 pieds dans la baie de Carlisle. L'eau devint en même temps noire comme de l'encre; sans doute qu'elle s'était mêlée avec du pétrole ou de l'asphalte qui abonde dans le fond de la mer, tant sur les

côtes du golfe de Curiaco, que près de l'île de la Trinité.

A Alger et à Fez, en Afrique, le choc fut assez fort pour écraser plus de 10,000 personnes sous les débris des édifices.

Toute la France, la Hollande, l'Italie, etc., se ressentirent de ce violent tremblement de terre. Plusieurs sources furent taries, et celle de Néris s'éleva tout d'un coup de 4 pieds. Un autre tremblement de terre eut lieu à Lisbonne, le 31 mars 1761.

1760. Pendant que le volcan de Péteroa, au Chili, était en éruption et formait un nouveau cratère, un tremblement de terre produisit une fissure de plusieurs milles de longeur dans une montagne voisine, et souleva une grande langue de terre, qui, pendant dix jours arrêtant le cours de la rivière de Lontue, donna naissance à un lac considérable.

1766. Le 21 octobre, presque toute la Colombie fut agitée. On ressentit des secousses à Cumana, à Caracas, à Maracaïbo, et sur les bords des rivières de Casanare, du Méta, de l'Orénoque et du Ventuario. Dans ces divers localités, la terre se fendit et des fragmens de montagnes s'écroulèrent; la Trinité fut vivement ébranlée. Une petite île dans l'Orénoque s'affaissa et disparut sous les eaux; en même temps le fond de la mer se souleva près de Coriato, et la pointe del Gardo prit de l'accroissement. Des roches s'élevèrent dans la rivière de Guarapica, près le village de Matura. Les secousses continuèrent ainsi d'heure en heure pendant quatorze mois sur le territoire de la Colombie.

1771. Pendant le tremblement de terre de cette année, de grandes étendues de terrains furent soulevées à Java, et une montagne s'éleva vis-à-vis l'embouchure de la rivière de Batavia.

1783-1786. Ce fut pendant ces années qu'eurent lieu les tremblemens de terre de la Calabre, qui, à cette époque, furent soigneusement étudiés, et sur lesquels ont été publiés divers mémoires que M. Lyell a savamment résumés dans ses *Principles of Geology*. C'est son résumé que nous allons en partie reproduire.

« Les altérations que produisit cette grande catastrophe, dans le niveau relatif des collines et des vallées de la terre et de la mer, ne furent pas aussi considérables que celles qui de notre temps ont été causées en Amérique par des mouvemens souterrains. L'importance des tremblemens de terre qui va nous occuper, vient de ce que la Calabre est aujourd'hui la seule localité qui ait été étudiée pendant et après la commotion qu'elle a éprouvée.

» Les secousses commencèrent en février 1783, et durèrent près de quatre ans, jusqu'en 1786. Pignataro, qui tint un compte exact des secousses, assure qu'il y en a eu dans la seule année 1783, 949, dont 501 étaient du premier degré de force, et dans l'année suivante, 151, dont 98 de première force.

» Un fait singulier, c'est que la Calabre ne présente aucune roche d'origine ignée ancienne ou moderne; en sorte que dans les temps à venir, la cause de ces révolutions sera tout-à-fait cachée. Les convulsions de la terre, de la mer et de l'air s'étendirent sur toute la Calabre ultérieure, la partie sud-est de la Calabre citérieure et à travers la mer, à Messine et aux environs, territoire situé entre les 38 et 39 degrés de latitude. Le choc fut ressenti sur une grande partie de la Sicile, et vers le nord jusqu'à Naples; mais la surface sur laquelle les secousses agirent avec assez de force pour exciter une grande alarme, n'excéda guère 500 milles carrés d'étendue.

» Vivenzio nous apprend que le 20 et le 26 mars 1783, il y eut des tremblemens de terre dans les îles de Zante, Céphalonie et Sainte-Maure. Dans cette dernière, plusieurs édifices publics et particuliers furent renversés, et beaucoup de gens périrent.

» Si l'on prend comme centre la ville d'Oppido, en Calabre, et que l'on décrive autour un cercle dont le rayon ait 22 milles, cet espace comprendra la surface du pays qui subit les plus grandes altérations, et sur laquelle toutes les villes et les villages furent détruits; mais si l'on décrit un centre de 72 milles de rayon, on comprendra alors tout le pays sur lequel subsistaient des marques permanentes de tremblement de terre. La première secousse, le 5 février 1783, renversa, en deux minutes, la plus grande partie des maisons de toutes les cités, villes et villages, depuis le versant occidental des Apennins, dans la Calabre ultérieure, jusqu'à Messine, en Sicile, et bouleversa toute la surface du pays. Une autre secousse eut lieu le 28 mars, avec presque autant de violence. La chaîne granitique qui traverse la Calabre du nord au sud, et atteint quelquefois une hauteur de plusieurs milliers de pieds, ne fut que légèrement ébranlée; mais on dit qu'une grande partie des secousses, qui se propageaient avec un mouvement semblable à la houle de la mer, à travers les couches récentes, de l'ouest à l'est, devenaient très-violentes lorsqu'elles atteignaient le point de jonction avec le granite, comme s'il se produisait une réaction à l'endroit où le mouvement ondulatoire des couches molles était soudainement arrêté par des roches plus solides. La surface du pays se soulevait souvent comme des vagues qui se gonflent, ce qui produisait un étourdissement comme le mal de mer. On a particulièrement dit dans toutes les relations, qu'immédiatement avant

chaque secousse, les nuages paraissaient être sans mouvement, et, quoique l'on ne donne aucune explication de ce phénomène, il est évidemment le même que celui qu'on observe en mer à bord d'un navire qui tangue violemment. Les nuages semblent arrêtés dans leur course, aussi souvent que le vaisseau s'élève dans une direction contraire; de sorte que les habitans de la Calabre doivent avoir éprouvé sur terre le même mouvement que sur la mer.

» Nous examinerons d'abord les changemens physiques produits par la commotion, qui se lient avec les niveaux relatifs dans les différentes parties du pays, et ensuite nous décrirons ceux qui ont plus particulièrement rapport à l'*assèchement* régulier du pays, et où la force des eaux courantes s'est jointe à celle du tremblement de terre.

» C'est évidemment dans les ports seuls que l'on doit chercher les indications exactes des légers changemens de niveau, et quand on en trouve, on doit présumer qu'ils ne seraient pas rares sur d'autres points si l'on avait d'égales facilités de comparer les limites relatives. Grimaldi annonce, et Hamilton le confirme, qu'à Messine, en Sicile, le rivage fut déchiré, et que le sol le long du port, qui était auparavant de niveau, se trouva ensuite incliné vers la mer, que celle-ci elle-même devint plus profonde, près de la Banchina, où son fond fut dérangé. Le quai descendit aussi de 14 pouces au-dessous de la mer, et les maisons, dans son voisinage, furent sillonnées de crevasses. Parmi les nombreuses preuves d'élévation et de dépression, les académiciens de Naples, qui avaient été envoyés sur les lieux, mentionnèrent dans leur revue que le sol était quelquefois au même niveau des deux côtés des nouveaux ravins et des nouvelles crevasses; mais quelquefois il y avait

un dérangement considérable, soit par le soulèvement d'un côté, soit par l'abaissement de l'autre. Mais sur les côtés de plusieurs longues fentes dans le territoire de Soriano, les masses stratifiées avaient changé leur position relative de 6 à 10 pieds et demi. On parle de semblables mouvemens dans les couches du territoire de Polistina, où il y eut d'innombrables fissures. Une d'elles était très-large et très-profonde, et dans différentes parties, le niveau des côtés correspondans était considérablement changé. Dans la ville de Terra Nuova, quelques maisons furent élevées au-dessus du niveau ordinaire, et d'autres à côté s'enfoncèrent dans le sol.

» Dans plusieurs rues, le sol paraissait poussé en haut, et s'appuyait contre les murailles des maisons; une grande tour ronde, en maçonnerie solide, qui avait résisté à la destruction générale, fut partagée par une fente verticale. Un des côtés fut élevé et les fondations soulevées en dehors du terrain. Elle fut comparée par les académiciens à une grosse dent à moitié extraite de son alvéole, avec la partie supérieure des racines mise à nu. Le long de la ligne de cette séparation, on trouva que les murs adhéraient l'un à l'autre, et s'ajustaient si bien, que les seuls signes de désunion étaient le manque de correspondance dans les assises de pierre de chaque côté de la fente. Dans quelques maisons qui avaient été renversées ou violemment secouées à Montéléone, quelques-unes des pierres s'étaient séparées d'avec le mortier de manière à laisser un moule exact, tandis que dans d'autres cas le mortier fut broyé en poussière entre les pierres. Il paraît que les mouvemens ondulatoires, et ceux que l'on appela *tournoyans*, produisirent les plus capricieux effets; aussi, dans quelques rues de Montéléone, toutes les maisons furent renversées excepté une; dans d'autres, excepté deux; et les

bâtimens qui furent épargnés étaient à peine endommagés.

» Dans un grand nombre de cités de la Calabre, les édifices les plus solides furent renversés, tandis que ceux qui étaient légèrement bâtis échappèrent à la ruine; mais à Rosarno et à Messine, en Sicile, ce fut précisément le contraire. Les édifices massifs furent les seuls qui résistèrent.

» On observa que deux obélisques, placés aux extrêmités d'une magnifique façade du couvent de Saint-Bruno, dans une petite ville nommée *Stefano del Bosco*, avaient éprouvé un mouvement d'une singulière espèce. On décrit le choc qui agita le bâtiment comme ayant été à la fois horizontal et tournoyant. Le piédestal de chaque obélisque resta à sa place primitive, mais les pierres séparées qui étaient dessus tournèrent sur elles-mêmes, et s'écartèrent de près de 9 pouces de leur place, sans tomber.

» Il paraît évident que le déchirement de la terre fut l'effet d'un violent mouvement de bas en haut, et dans une multitude de cas où les déchiremens et les crevasses s'ouvrirent et se fermèrent alternativement, nous devons supposer que la terre était tout-à-coup soulevée et abandonnée à elle-même. On peut concevoir que le même effet serait produit en petit, si par quelque force mécanique, un pavé composé de larges dalles était soulevé et abandonné ensuite brusquement, de manière à reprendre sa position première. Si quelques petites pierres se trouvaient placées sur la ligne de jonction des deux dalles, elles tomberaient dans l'ouverture, quand le pavé s'élèverait, et seraient englouties, de sorte qu'on n'en verrait aucune trace lorsque le pavé serait abaissé de nouveau. De la même manière, lorsque la terre était soulevée, de grandes

maisons, des arbres, des hommes et des animaux étaient engouffrés à l'instant dans les fentes et les crevasses, et lorsque le terrain redescendait, la terre se refermait sur eux, et l'on ne pouvait plus rien découvrir à la surface. Dans quelques cas, des individus furent engloutis par une secousse, et rejetés vivans avec des colonnes d'eau, par une autre qui suivit immédiatement la première.

» A Jérocarne, pays qui, d'après les académiciens, fut lacéré de la manière la plus extraordinaire, les crevasses s'étendaient dans toutes les directions, comme les cassures d'une vitre ; et comme une grande partie en est restée après la secousse, il est probable que le terrain n'a pu reprendre sa première position.

» Dans le voisinage d'Oppido, point central doù le tremblement de terre étendit ses violens mouvemens, plusieurs maisons s'enfoncèrent dans la terre qui se referma immédiatement sur elles. Dans le canton adjacent de Canna Maria, quatre femmes, quelques magasins d'huiles, et plusieurs habitations spacieuses, furent si complètement engouffrées dans une crevasse, qu'on n'en pouvait apercevoir aucun vestige. Le même phénomène eut lieu à Terra Nuova, Sancta Christina et Sinopoli. Les académiciens disent entr'autres que lorsque de profonds abîmes se furent ouverts dans les couches argileuses de Terra Nuova, et que des maisons y eurent été englouties, les côtés des crevasses se refermèrent avec tant de violence, qu'en creusant, pour retrouver des objets de valeur, les ouvriers observèrent que le contour des maisons et quelques parties détachées étaient mêlés ensemble en une masse compacte. Il est inutile d'accumuler les exemples de semblables événemens ; mais il y en a tant de bien reconnus pendant ce tremblement de terre de la Calabre,

que l'on peut ajouter foi aux narrations de catastrophes semblables, répétées souvent dans l'histoire, où l'on dit que des villes entières ont été englouties et n'ont laissé à leur place qu'un étang ou un espace nu.

» Sur le penchant d'Oppido, il s'ouvrit une longue et large crevasse, et bien qu'une grande portion du sol y fut précipitée ainsi qu'un grand nombre d'oliviers et une partie des terres plantées de vigne, il resta après la secousse un goufre en forme d'amphithéâtre, de 500 pieds de long sur 200 de profondeur.

» D'après Grimaldi, plusieurs fentes et crevasses occasionnées par le premier choc du 5 février, furent considérablement élargies, allongées et approfondies, par les convulsions violentes du 28 mars. Le même observateur trouva dans le territoire de San Fiti une nouvelle ravine d'un demi-mille de long, de deux pieds et demi de large, et de vingt-cinq pieds de profondeur. Il en vit une autre de pareille dimension dans le territoire de Rosarno. Un ravin de près d'un mille de long, de 105 pieds de large et de 30 de profondeur, s'ouvrit dans le district de Plaisance, où furent aussi formés deux gouffres, l'un dans un lieu appelé Cerzulle, de trois quarts de mille de long, de 150 pieds de large, et de plus de 100 pieds de profondeur; et l'autre à la Fortuna, de près d'un quart de mille de long, de plus de 30 pieds de large, et d'environ 225 pieds de profondeur.

» Dans le district de Fosolano, trois gouffres furent ouverts: l'un de 300 pieds carrés, sur plus de 30 de profondeur; l'autre de près d'un demi-mille de long, de 15 pieds de large, et d'environ 30 de profondeur; le troisième était de 750 pieds carrés. Enfin, une montagne calcaire, appelée Zéfirio, à l'extrêmité méridionale de la péninsule italique, fut fendue en deux sur une longueur de près d'un demi-mille, et sur une lar-

geur irrégulière. Plusieurs de ces crevasses étaient en forme de croissant. (*Fig.* XXII et XXIII.)

» Dans le voisinage de Serosinara, il se forma soudainement un lac par suite de l'ouverture d'une grande crevasse, du fond de laquelle l'eau s'élança brusquement. Ce lac fut appelé le lac del Tolfilo. Son étendue était de 2,380 palmes de long, sur 1,250 de largeur, et 70 de profondeur. Les habitans craignant les effluves de cette masse stagnante, essayèrent à grand frais de la dessécher par des canaux, mais ils ne purent y parvenir, parce qu'elle était entretenue par des sources sortant du fond de la crevasse. Il y eut aussi près de Polistina un petit enfoncement circulaire.

» On montra dans le voisinage de Mileto, à sir Willam Hamilton, plusieurs fissures profondes qui, bien qu'aucune d'elles n'eût plus d'un pied de large, s'étaient assez ouvertes pendant le tremblement de terre pour engloutir un bœuf et cent chèvres.

» Les académiciens trouvèrent aussi en traversant à leur retour les districts par lesquels ils avaient commencé leur tournée, que beaucoup de fentes s'étaient graduellement refermées, de sorte qu'elles avaient diminué de plusieurs pieds et que les bords se touchaient presque.

» Grimaldi assure que les eaux thermales de Saint Euphemia, dans la Terra-di-Amato, qui sourdirent pour la première fois pendant le tremblement de 1638, acquirent, en février 1783, de l'augmentation en quantité et en température. La violence du mouvement de bas en haut fut aussi démontré par les sauts ou bonds des pavés et de toutes les masses qui n'étaient pas très-adhérentes.

» Les effets dont nous devons maintenant nous occuper sont ceux qui semblent plus intimement liés avec

la formation des vallées, dans lesquelles l'action de l'eau a souvent été combinée avec celle des tremblemens de terre. Le pays agité était principalement composé de couches argileuses entre-coupées de vallées étroites et profondes quelquefois de 5 à 600 pieds. Comme les bords en étaient presque perpendiculaires, on concevra aisément qu'au milieu des divers mouvemens de la terre, les précipices suspendus au-dessus des rivières furent souvent renversés. Aussi trouvons-nous que les inondations produites par des éboulemens dans le cours des rivières, sont comptés parmi les conséquences les plus désastreuses des grands tremblemens de terre dans toutes les parties du monde. De chaque côté de la vallée profonde ou du ravin de Terra Nuova, des masses énormes furent détachées du pays plat adjacent et jetées dans le lit de la rivière, de manière à donner naissance à de grands lacs. On voyait souvent des chênes, des oliviers, des vignes et du blé croissant au fond du ravin, et aussi peu endommagés que les mêmes végétaux dont ils avaient été séparés dans la plaine au moins à 500 pieds plus haut et à la distance d'environ trois quarts de mille. Dans une partie de ce ravin était une énorme masse de 200 pieds de hauteur, sur 400 pieds de diamètre à sa base, et qui avait été détachée par un tremblement de terre antérieur. Il est bien attesté que cette masse descendit le ravin pendant un espace de 4 milles, après avoir été mise en mouvement par le tremblement de terre du 5 février. Hamilton, qui examina la localité, déclara que l'on pouvait se rendre compte de ce phénomène par la déclivité de la vallée, la grande abondance de pluie qui tomba et le grand poids des matières alluviales qui passaient par derrière.

» Non loin de la ville de Soriano, qui fut renversée

par le grand choc du 5 février, une petite vallée contenant un beau bois d'oliviers, appelée Fra-Ramondo, subit une révolution très-extraordinaire : des fissures innombrables traversèrent la plaine de la rivière dans toutes les directions, et absorbèrent l'eau, de manière que la couche argileuse inférieure en fut détrempée, et une grande partie en fut réduite à l'état de pâte liquide. Il s'ensuivit d'étranges altérations dans la figure du sol, qui jusqu'à une grande profondeur se contournait de toutes sortes de manières. Ajoutons que les débris des collines voisines furent précipitées dans les excavations qui se formèrent, et tandis que beaucoup d'oliviers étaient déracinés, d'autres continuèrent à végéter sur les masses tombées et inclinées sur divers angles. La petite rivière du Caridi disparut entièrement pendant quelques jours; et lorsqu'enfin on la revit, elle s'était creusé un lit entièrement nouveau.

» Près de Seminara, un plant d'olivier étendu et un verger furent lancés à la distance de 200 pieds dans une vallée de 60 pieds de profondeur. En même temps une crevasse profonde s'ouvrit dans une autre partie du plateau élevé d'où le terrain avait été détaché, la rivière y entra aussitôt et laissa son ancien lit à sec. Une petite maison habitée située sur la masse de terre qui avait été jetée dans la vallée, s'en fut avec elle tout entière et sans dommage pour les habitans; les oliviers continuèrent aussi à croître sur cette terre, et donnèrent la même année une récolte abondante. Deux espaces de terrains sur lesquels était située une grande partie de la ville de Polistina, consistant en quelques centaines de maisons, furent détachés et jetés dans un ravin contigu à environ un demi-mille de leur première place, et ce qu'il y a de plus extraordinaire, on en retira plusieurs des habitans vivans et sans blessures.

» Vivenzio dit que, près de Sitizzano, une vallée fut presque comblée et mise de niveau avec les terrains élevés de chaque côté, par les masses énormes détachées des collines voisines et jetées dans le cours de deux ruisseaux. Cette barrière forma un lac de deux milles de long sur un mille de large, et d'une grande profondeur; le même auteur dit qu'en tout il y eut 50 lacs de formés pendant les secousses, et il indiqua les places. Les inspecteurs du gouvernement en comptèrent 215, mais ils y comprirent un grand nombre de petits étangs.

» Près de Santo-Lucido, entr'autres lieux, le sol est décrit comme ayant été pour ainsi dire dissout; de sorte que de grands torrens de boue inondèrent tous les terrains bas. On voyait seulement sortir de la vase les cîmes des arbres et les ruines des fermes.

» A deux milles de Lauréana, le sol humide de deux ravins se remplit de matière calcaire qui sortit du terrain immédiatement avant la première grande secousse. Cette boue s'accumulant rapidement, commença bientôt à rouler comme des flots de lave dans la vallée, où les deux ruisseaux se réunirent, et s'avancèrent avec une grande vîtesse de l'est à l'ouest. Ils présentaient alors une largeur de 300 palmes, sur 10 de profondeur, et lorsqu'ils cessèrent d'avancer, ils couvraient une surface d'un mille italien de longueur. Dans sa route, ce torrent engloutit un troupeau de chèvres et déracina des oliviers et des mûriers, qui flottèrent ensuite comme des navires sur la surface. Lorsque cette lave calcaire eut cessé de se mouvoir, elle devint graduellement sèche et dure, et pendant ce changement elle baissa de 10 palmes; elle contenait des fragmens d'une terre ferrugineuse, et qui exhalait une odeur sulfureuse.

» Plusieurs des effets observés dans les plaines d'al-

luvion indiquent clairement l'élévation et l'abaissement alternatifs du terrain. Le premier résultat des secousses violentes était ordinairement l'*assèchement* des rivières; mais immédiatement après elles débordaient. Le long des plaines d'alluvion et dans les lieux marécageux, il s'éleva un nombre immense de cônes de sable. Hamilton explique ces effets en supposant que le premier mouvement élevait les plaines crevassées de bas en haut; de sorte que les rivières et l'eau stagnante des marais descendait, ou du moins n'était pas élevée avec le sol; mais lorsque le terrain retournait avec violence à sa première position, l'eau était lancée en jets à travers les fissures.

» Dans les rapports de l'Académie, on trouve que quelques plaines furent couvertes de creux circulaires, la plupart de la grandeur d'une roue de voiture, mais souvent plus grands ou plus petits. Lorsqu'ils étaient pleins d'eau jusqu'à un pied ou deux de la surface, ils ressemblaient à des puits, mais en général ils étaient remplis de sable sec, quelquefois avec une surface concave et d'autrefois convexe. En les fouillant, on les trouva faits en entonnoirs, et le sable humide et remué dans le centre indiquait le tube par lequel l'eau jaillissait. La figure XXIV représente la coupe d'une de ces cavités, lorsque l'eau eut disparu et qu'il n'y resta rien que du sable micacé sec.

» Le long du bord de la mer, dans le détroit de Messine, près du rocher célèbre de Scilla, la chute de gros quartiers de rochers endommagea beaucoup de maisons de campagne et de jardins. A Giangreco, une ligne continue de falaises d'un mille de long fut renversée. On observa fréquemment une grande agitation dans le lit de la mer pendant les secousses et sur les parties de la côte où le mouvement était le plus vio-

lent; on prenait des poissons de toute espèce en plus grande abondance et avec plus de facilité qu'en tout autre temps. Quelques espèces rares, comme celle que l'on nomme *cicirelli*, qui se tient ordinairement enterrée dans le sable, furent vues à la surface en quantité remarquable. On dit que la mer bouillonnait auprès de Messine et qu'elle était agitée comme si beaucoup de vapeurs se dégageaient du fond.

» Le prince de Scilla avait persuadé à une grande partie de ses vassaux de se retirer dans leurs bateaux de pêche pour y être en sûreté, et lui-même était allé à bord. Dans la nuit du 5 février, tandis que quelques-uns d'entre eux dormaient dans les bateaux et les autres sur une plaine unie, légèrement élevée au-dessus de la mer, la terre trembla, et tout-à-coup une masse énorme fut arrachée de la montagne voisine de Jaci et lancée avec un craquement terrible sur la plaine. Aussitôt après la mer s'éleva de trente palmes au-dessus de la plaine basse, y roula en écumant et balaya ceux qui s'y trouvaient. Elle se retira alors, mais revint avec une plus grande violence, rapportant avec elle quelques-uns des individus et des animaux qu'elle avait entraînés. Dans le même temps tous les bateaux furent coulés ou brisés contre la côte et quelques-uns d'entre eux furent poussés assez loin dans l'intérieur. Le vieux prince et 1,430 des siens périrent.

» Le nombre des personnes qui furent victimes du tremblement de terre dans les deux Calabres et la Sicile, est estimé par Hamilton à 40,000, et en outre 20,000 périrent de misère ou de maladie. Le plus grand nombre fut enterré sous les maisons, tandis que quelques-uns furent consumés dans les incendies qui suivirent presque invariablement les secousses, brûlèrent d'immenses magasins d'huile et d'autres provisions. Un

petit nombre fut engouffré dans les crevasses et les fissures, et leurs squelettes sont peut-être ensevelis dans la terre jusqu'à présent, à la profondeur de plusieurs centaines de pieds; car telle était la profondeur de quelques-unes des ouvertures qui ne se refermèrent pas.

» Les habitans de Pizzo remarquèrent que, le 5 février 1783, lorsque la grande secousse bouleversa la Calabre, le volcan de Stromboli, qui est en pleine vue de cette ville, à environ 50 milles de distance, fuma moins et lança moins de matières enflammées qu'il n'avait fait pendant les années précédentes. D'un autre côté, on dit que le grand cratère de l'Etna et Stromboli laissèrent échapper beaucoup de vapeurs, le premier au commencement et le second vers la fin des commotions; mais comme aucune éruption de ces deux grandes issues n'eut lieu pendant tout le tremblement de terre, les causes des convulsions de la Calabre et les feux volcaniques de Stromboli paraissent très-indépendans les uns des autres, à moins toutefois qu'ils n'aient la même relation mutuelle que le Vésuve et les volcans des Champs Phlégréens et Ischia, où un trouble violent dans un canton sert de soupape de sûreté à l'autre, et qui ne sont jamais en pleine activité à la fois.

1786. Un tremblement de terre se fit sentir par intervalles, pendant quatre mois, dans le voisinage de Batur à Java, et une éruption le suivit. Il se forma des crevasses qui laissèrent échapper des vapeurs sulfureuses; des terrains séparés s'enfoncèrent et furent engloutis. Le ruisseau appelé *Datog* se précipita dans l'un d'eux et continua de couler sous terre. Le village de Jampang fut enterré dans le sol avec trente-huit de ses habitans, qui n'eurent pas le temps de se sauver.

1790. Le 18 mars de cette année, à Santa Maria di Niscimi, à quelques milles de Terra Nuova, sur la côte

méridionale de Sicile, le terrain s'abaissa graduellement sur une circonférence de trois milles italiens, à la suite de sept commotions, et, dans une localité, jusqu'à la profondeur de 30 pieds. Il continua de s'abaisser pendant le reste du même mois. Plusieurs fissures vomirent du soufre, du pétrole, de la vapeur d'eau, de l'eau chaude et un torrent de boue qui coula pendant deux heures et couvrit un espace de 60 pieds de long sur 30 de large. Ceci arriva loin des cantons volcaniques, dans un groupe de couches consistant principalement en argile bleue.

La même année, dans la province de Caracas, un tremblement de terre occasionna, le jour de la Saint-Mathieu, un enfoncement dans le sol granitique et laissa un lac de 220 pieds de diamètre sur 200 à 250 de profondeur. Ce fut une partie de la forêt d'Atipao qui s'enfonça, et les arbres restèrent verts au fond de l'eau pendant plusieurs mois.

1799. Le 4 février, tout le territoire de Quito fut violemment ébranlé. Un grand nombre de villes furent détruites. Rio-Bamba, Quero et d'autres villages furent enterrés sous des masses détachées des montagnes au pied du volcan de Tunguragua. La terre s'entr'ouvrit en différens endroits et vomit des torrens d'eau et de vase fétide, désignée sous le nom de *moya*. Dans des vallées de mille pieds de large, ces inondations s'élevaient jusqu'à 600 pieds, et le dépôt de vase barra le cours de la rivière et forma des lacs qui se maintinrent en quelques endroits pendant 80 jours. Des flammes et des vapeurs suffocantes s'échappèrent du lac de Quilotoa, et tuèrent tout le bétail qui était sur ses bords. »

1806. Une nouvelle île en forme de pic, avec quelques collines basses et côniques au-dessous, s'éleva dans la mer parmi les îles Aléoutiennes, au nord du Kamtchatka.

D'après Langsdorff, elle avait 4 milles géographiques de tour. M. de Buch conclut de sa grandeur et de ce qu'elle ne s'est pas encore abaissée au-dessous du niveau de la mer, qu'elle ne consistait pas seulement en matières vomies, comme le Monte-Nuovo, mais en roches solides soulevées. Une autre éruption extraordinaire eut lieu au printemps de l'année 1814, dans la mer, près de Ounalaschka, dans le même archipel. Elle produisit une île d'une grandeur considérable et ayant un pic de 3,000 pieds de hauteur, qui existait encore un an après, quoique un peu diminué de hauteur.

1811. La Caroline du sud fut violemment agitée. Le géographe Flint, qui visita le pays sept ans après la catastrophe, nous apprend qu'un espace de plusieurs milles en superficie fut couvert d'eau à 3 ou 4 pieds de hauteur, et lorsque l'eau disparut, une couche de sable resta à sa place. De grands lacs de 20 milles d'étendue se changèrent en un hâvre et d'autres furent desséchés. Le cimetière du nouveau Madrid fut précipité dans le lit du Mississipi. Les habitans rapportèrent que la terre s'élevait en grandes ondulations, et lorsque ces dernières atteignaient une hauteur effrayante, le sol éclatait et de grandes quantités d'eau, de sable et de charbon de terre étaient lancées à la hauteur des plus grands arbres (1).

1812. On trouve dans la relation historique des voyages de M. de Humboldt des détails très-circonstanciés sur ce fatal événement, et que nous rapportons, malgré l'étendue que nous avons déjà donnée à ce chapitre.

---

(1) La plupart des détails que nous venons de donner sur les tremblemens de terre sont extraits de l'ouvrage de M. Lyell, *Principles of Geology*, t. I, p. 475 et suiv., et de l'*Encyclopédie méthodique*, art. *Volcans*, par M. Huot.

« La secousse que l'on ressentit à Caracas, au mois de décembre 1811, fut la seule, dit l'illustre voyageur, qui précéda l'horrible catastrophe du 26 mars 1812.

» On ignorait à la Terre-Ferme les agitations qu'éprouvaient, d'un côté, le volcan de l'île Saint-Vincent, et, de l'autre, le bassin du Mississipi, où, le 7 et le 8 février 1812, la terre était jour et nuit dans une agitation continuelle. A cette époque, la province de Vénézuéla essuyait de grandes sécheresses. Pas une goutte de pluie n'était tombée à Caracas et à 90 lieues à la ronde, dans les cinq mois qui précédèrent la ruine de la capitale. Le 26 mars était un jour extrêmement chaud, l'air était calme et le ciel sans nuages; c'était le jeudi-saint : une grande partie de la population se trouvait réunie dans les églises; rien ne semblait annoncer les malheurs de cette journée. A 4 heures 7 minutes du soir, la première commotion se fit sentir. Elle fut assez forte pour ébranler les cloches des églises; elle dura 5 à 6 secondes; elle fut immédiatement suivie d'une autre secousse de 10 à 12 secondes, pendant laquelle le sol, dans un mouvement continuel d'ondulation, semblait bouillonner comme un liquide. On croyait déjà le danger passé, lorsqu'un énorme bruit souterrain se fit entendre : c'était comme le roulement du tonnerre, mais plus fort, plus prolongé que celui qu'on entend sous les tropiques dans la saison des orages. Ce bruit précédait un mouvement perpendiculaire d'environ 3 à 4 secondes, suivi d'un mouvement d'ondulation un peu plus long. Les secousses étaient dans des directions opposées, du nord au sud et de l'est à l'ouest. Rien ne put résister à ce mouvement de bas en haut et à ces oscillations croisées. La ville de Caracas fut renversée de fond en comble, des milliers d'habitans (entre 9 et 10 mille) furent ensevelis sous les ruines des églises et des maisons.

» La procession n'était point encore sortie; mais le concours dans les temples était si grand, que près de 3 ou 4 mille personnes furent écrasées sous les voûtes qui s'écroulaient. L'explosion fut plus forte du côté du nord, dans la partie de la ville la plus rapprochée de la montagne d'Avila et de la Silla. Les églises de la Trinité et d'Alta-Gracia, qui avaient plus de 150 pieds de hauteur, et dont la nef était soutenue par des piliers de 12 à 15 pieds d'épaisseur, laissèrent un amas de ruine qui ne s'élève guère qu'à cinq à six pieds. L'affaissement des décombres a été si considérable, qu'on n'y reconnaît aujourd'hui presque aucun vestige des piliers et des colonnes. La caserne appelée *el Quartel de San Carlos*, située plus au nord de l'église de la Trinité, sur le chemin de la douane de la Pastora, disparut presque entièrement. Un régiment de troupes de ligne s'y trouvait réuni sous les armes pour se rendre à la procession; à l'exception de quelques hommes, il fut enseveli sous les décombres de ce grand édifice. Les neuf dixièmes de la belle ville de Caracas furent entièrement ruinés. Les maisons qui ne s'écroulèrent point, comme celles de la rue San-Juan, près de l'hospice des Capucins, se trouvaient tellement crevassées, qu'on ne pouvait risquer de les habiter. Les effets du tremblement de terre furent un peu moins forts dans les parties méridionale et occidentale de la ville, entre la Grande-Place et le ravin de Caraguata : c'est là que la cathédrale, soutenue par d'énormes arcs-boutans, est restée debout (1).

---

(1) Sur le tremblement de terre de Vénézuéla, en 1812, par M. Delpèche (manuscrit), cité par M. de Humboldt. *Relat. hist.*, t. V, p. 15.

» En évaluant à neuf ou dix mille le nombre des morts dans la ville de Caracas, on ne tient pas compte des malheureux qui, grièvement blessés, n'ont succombé qu'après plusieurs mois, faute d'alimens et de soins. La nuit du jeudi au vendredi-saint offrit le spectacle le plus déchirant de la désolation et du malheur. Cette couche épaisse de poussière qui, élevée au-dessus des décombres, obscurcissait l'air comme un brouillard, s'était précipitée vers le sol. Aucune secousse ne se faisait sentir; jamais nuit ne fut plus belle et plus calme; la lune, presque pleine, éclairait les dômes arrondis de la Silla, et l'aspect du ciel contrastait avec celui d'une terre jonchée de ruines et de cadavres. On voyait des mères porter dans leurs bras des enfans qu'elles espéraient rappeler à la vie. Des familles éplorées parcouraient la ville pour chercher un père, un époux, un ami dont on ignorait le sort, et qu'on croyait égarés dans la foule. On se pressait dans les rues, qu'on ne reconnaissait plus que par l'alignement des monceaux de décombres.

» Tous les malheurs éprouvés dans les grandes catastrophes de Lisbonne, Messine, Lima et Rio-Bamba, se répétèrent dans la funeste journée du 26 mars 1812. Les blessés, ensevelis sous les ruines, imploraient à grands cris les secours des passans; on parvint à en retirer plus de deux mille. Jamais la pitié ne se montra d'une manière plus touchante, on peut dire plus ingénieusement active, que dans les efforts tentés pour secourir les malheureux dont les gémissemens se faisaient entendre. On manquait absolument d'outils propres à fouir la terre et à remuer les décombres; il fallait se servir des mains pour déterrer les vivans. On déposait ceux qui étaient blessés, de même que les malades échappés des hôpitaux, au bord de la petite rivière du

Guayre; ils n'y trouvaient d'autre abri que le feuillage des arbres. Les lits, le linge pour panser les plaies, les instrumens de chirurgie, les médicamens, tous les objets de première nécessité étaient ensevelis sous les décombres. On était dépourvu de tout, même d'alimens, dans les premiers jours; l'eau devint également rare dans l'intérieur de la ville. La commotion avait brisé les canaux des fontaines; l'éboulement des terres avait obstrué les sources qui les alimentaient. Pour avoir de l'eau, il fallait descendre jusqu'au Rio-Guayre, dont la crue était considérable, et l'on manquait de vases pour puiser.

» Il restait à remplir envers les morts un devoir commandé à la fois par la pitié et par la crainte de l'infection. Dans l'impossibilité de donner la sépulture à tant de milliers de cadavres à demi enfouis sous les ruines, des commissaires furent chargés de brûler les corps. On dressa des bûchers entre les monceaux de décombres. Cette cérémonie dura plusieurs jours. Au milieu de tant de malheurs publics, le peuple se livrait aux pratiques religieuses qu'il croyait les plus propres à apaiser la colère du ciel; les uns se réunissaient en procession, chantaient des cantiques funèbres; d'autres, l'esprit égaré, se confessaient à haute voix au milieu des rues. Il arriva alors dans cette ville ce que l'on a observé dans la province de Quito, après l'affreux tremblement de terre du 4 février 1797: beaucoup de mariages furent contractés entre des personnes qui, depuis de longues années n'avaient point fait sanctionner leur union par la bénédiction sacerdotale. Des enfans retrouvaient des parens qui les avaient désavoués jusque-là; des restitutions furent promises par des personnes qu'on n'avait jamais accusées de larcins; des familles long-temps ennemies se rapprochèrent par le sentiment d'un malheur commun.

» Après ce tremblement de terre, il y en eut un autre le 5 avril, et presque aussi violent que celui qui avait détruit la capitale. Le sol resta pendant plusieurs heures dans un mouvement ondulatoire continuel. Il y eut de grands éboulemens dans les montagnes ; d'énormes masses de rocher se détachèrent de la Silla de Caracas (1). »

1819. Un violent tremblement de terre eut lieu dans l'Indostan dans la province de Kotch, états de Guykavar, le 16 juin. Les secousses qui détruisirent plusieurs villes continuèrent jusqu'au 20, époque où, à 30 milles de Bhoudj, un volcan fit une éruption et les convulsions cessèrent. Après ces secousses, le chenal oriental et presqu'abandonné de l'Indus, qui borde la province de Kotch, fut considérablement changé : cette embouchure ou bras de mer était, avant le tremblement de terre, guéable à Lokpot ; elle n'avait qu'environ un pied d'eau basse, elle en a acquis plus de six ; elle fut creusée au fort de Lokpot, après la secousse, de plus de 18 pieds au-dessous de la marée basse. Par ces changemens et par plusieurs autres, la navigation intérieure du pays, qui avait été fermée pendant des siècles, devint de nouveau praticable.

1820. Le 15 février, une des îles Ioniennes éprouva une série de tremblemens de terre destructifs. Immédiatement après, on aperçut auprès de la côte une île rocheuse qui y était inconnue auparavant.

1822. Le capitaine d'un bâtiment français a rapporté que, le 2 août, deux roches s'étaient élevées de la mer dans le voisinage de Chypre, île bien connue

---

(1) Humboldt, *Voyage aux régions équinoxiales*, t. V, p. 26.

pour être sujette aux mouvemens souterrains, et presque sous la même latitude qu'Alep.

La même année, le 19 novembre, un violent tremblement de terre ébranla le Chili et souleva une partie de la côte.

« Sur quelques points le terrain paraît avoir éprouvé pendant la secousse un mouvement de rotation : des murs et des maisons, après l'événement, étaient tournés en rond.

» A Quintero, à 10 milles au nord de Concon (situé à l'embouchure de Rio-Quillota), sont plusieurs gros palmiers; trois d'entre eux, à la suite du tremblement, s'étaient enroulés les uns sur les autres comme des baguettes de saule.

» Ce qui prouve encore le mouvement de rotation, c'est que chacun de ces arbres avait balayé un petit espace autour de sa tige. Le terrain avait été soulevé de deux à quatre pieds le long de la côte, et de six à sept à un mille de distance; dans l'intérieur, il n'a pas encore repris son ancien niveau.

» Sur une côte où la marée ne monte jamais que de quatre ou cinq pieds, tout soulèvement du sol est facile à constater. On voit d'ailleurs à Valparaïso, près de l'embouchure du Concon et le long du rivage de la mer, au nord de Quintero, des rochers qui ne s'apercevaient en aucune manière avant le tremblement de terre; un vaisseau qui s'était brisé sur la côte, et qu'on pouvait approcher en bateau dans les basses eaux, est maintenant accessible à pied sec. Dans le sol alluvial de la rivière Quillota, on voyait plusieurs bancs de sable récens; chacun avait un creux au centre, comme le cratère d'un volcan; on observa le même phénomène en plusieurs endroits. Dans quelques localités, de gran-

des quantités d'une vase légère avaient été soulevées et dispersées fort loin.

» A Valdivia, par 39° 59′ de latitude sud, on n'éprouva qu'une secousse un peu forte; mais au moment où elle eut lieu, deux volcans du voisinage firent tout-à-coup éruption avec un grand bruit, éclairèrent toute la contrée environnante pendant quelques secondes, et rentrèrent ensuite dans leur ancien état de tranquillité.

» Le 27 novembre, huit jours après la forte secousse, il y eut, dans une grande étendue du Chili, des pluies abondantes accompagnées de violens tourbillons. Jamais, dans ce pays, il n'était tombé auparavant de la pluie en novembre. Le tremblement de terre avait dû conséquemment apporter dans l'atmosphère de la contrée des modifications notables (1). »

1828. Le 30 mars, le vaisseau de S. M. britannique *le Volage* était à l'ancre dans la baie de Callao, et fixé par deux fortes chaînes de fer. A sept heures et demie, un léger nuage passa sur le bâtiment, et aussitôt on entendit le bruit qui, dans ce pays, accompagne les tremblemens de terre, et qui ressemble à un tonnerre éloigné. Une secousse violente se fit sentir, et les personnes qui étaient à bord comparèrent ce mouvement à celui qu'on éprouve dans un chariot non suspendu, traîné rapidement sur un pavé inégal. Tout autour, l'eau siffla comme si l'on y eût plongé un fer rouge, et sa surface se couvrit d'une immense quantité de bulles qui, en crevant, laissèrent échapper une odeur d'hydrogène sulfuré; nombre de poissons morts apparurent flottans auprès du vaisseau. La mer, qui

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXVII, p. 380.

auparavant était calme et limpide, parut trouble et agitée, et le bâtiment roula d'environ 14 pouces sur chaque côté. C'est à ce moment que se fit sentir à terre le tremblement qui renversa une partie de la ville (1).

1834. S'il faut en croire de prétendues lettres écrites en chinois, et publiées par extrait dans plusieurs journaux, un tremblement de terre désastreux aurait bouleversé d'une manière épouvantable certaines parties de la Chine. Il aurait commencé dans la soirée du 28 juin 1834 et n'aurait cessé que le 9 juillet. Il aurait été ressenti dans la contrée située entre les provinces du Pé-tchi-li au nord, de Chan-si à l'ouest, et du Chan-tong à l'est, et aurait désolé particulièrement le département de Tchang-li-fou, de la province du Ho-nan. On parle de cent mille maisons détruites et de quatre mille personnes écrasées sous leurs ruines. Dans l'arrondissement de Tsé-tchéva, la terre se serait ouverte en beaucoup d'endroits et aurait englouti environ quatre mille personnes. Enfin, dans le pays de Pong-tchin, la terre s'étant entr'ouverte, aurait donné naissance à un grand fleuve (un fleuve d'eau noire, suivant une autre lettre) dont le cours, qui n'a point encore cessé, aurait causé de non moins grands désastres sur son passage (2).

Nous terminerons ici cette liste déjà bien longue des principaux effets des tremblemens de terre. On a pu voir quelle action puissante les forces intérieures ont encore à la surface de la terre; car en mettant de côté tout ce qui est relatif à l'espèce humaine, en éliminant ces grandes destructions pendant lesquelles plusieurs milliers de personnes succombaient de la manière la

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XLII, p. 416.
(2) *Institut*, 4e année, p. 192.

plus affreuse, nous retrouvons dans ces secousses contemporaines des îles soulevées, des rivières arrêtées, taries, et d'autres englouties, des hâvres formés, des bras de mer approfondis, des nivaux changés, des vallées creusées, des montagnes anéanties et d'autres soulevées au-dessus du sol. Tels sont les résultats de cette action contemporaine. Nous verrons, en parlant des soulèvemens, quelle a pu être autrefois la puissance de cette même force agissant sur un globe moins refroidi et sur une croûte moins pesante et moins épaisse.

Les causes qui produisent actuellement ces violentes secousses ou de simples ondulations semblent être les mêmes que celles qui donnent naissance aux eaux minérales et aux volcans; ce sont probablement des phénomènes de retrait ou d'inégal refroidissement de la croûte et de l'intérieur de la terre, ou peut-être l'action de l'eau et de l'air sur la masse incandescente et non encore oxidée de notre planète; mais c'est une action plus forte, plus intense, qui se dévelope, ou du moins qui n'annonce sa présence qu'à des époques plus ou moins éloignées, et dans lesquelles on observe rarement de la périodicité. Il semble prouvé qu'il existe une relation assez marquée entre ces tremblemens de terre et les éruptions volcaniques, et que d'abondantes émissions gazeuses sont la suite et peut-être la cause première de ces phénomènes.

Un grand nombre d'exemples viennent appuyer cette supposition, et souvent même ces relations n'ont lieu qu'à d'énormes distances. Ainsi M. de Humboldt rapporte que, depuis le mois de novembre 1796, une colonne de fumée sortait du volcan de Pasto, situé à l'ouest de la ville de ce nom.

« Les bouches de ce volcan sont latérales et se trouvent sur la pente occidentale; mais, pendant trois mois

consécutifs, la colonne de fumée s'éleva tellement au-dessus de la crête de la montagne, qu'elle fut constamment visible aux habitans de la ville de Pasto. Tous ont assuré qu'à leur plus grand étonnement, le 4 février 1797, ils virent disparaître tout-à-coup la fumée, sans qu'aucune commotion se fît sentir. C'était l'instant où, 65 lieues au sud, entre le Chimborazzo, le Tunguragua et l'Altar (Capac-Urcu), la ville de Rio-Bamba fut détruite par un tremblement de terre le plus funeste de tous ceux dont la tradition nous ait conservé la mémoire. Comment douter, d'après cette coïncidence de phénomènes, que les vapeurs sorties des petites bouches ou *ventanillas* du volcan de Pasto ne participassent à la pression des fluides élastiques qui ont ébranlé le sol du royaume de Quito, en faisant périr en peu d'instans trente à quarante mille habitans (1)?

Lorsque le volcan de Saint-Vincent, qui était calme depuis 1718, se ralluma en 1812, la ruine de la ville de Caracas précéda cette éruption de 34 jours. Les explosions du volcan s'entendirent sur les rives du Rio-Apure, et le sol y fut ébranlé, et cependant ces lieux sont séparés par 210 lieues en ligne droite, distance qui est celle de Paris au Vésuve.

Les tremblemens de terre de Cumana semblent liés à ceux des petites Antilles, et l'on soupçonne même qu'ils ont quelques rapports avec ceux de la Cordillère des Andes. Lorsque, le 4 février 1797, le sol de la province de Quito fut violemment agité, les Antilles orientales éprouvèrent aussi plusieurs secousses qui ne cessèrent qu'après huit mois, lorsque le volcan de la

---

(1) Humboldt, *Voyage aux régions équinoxiales*, t. V, p. 37.

Guadeloupe lança des ponces et vomit des cendres et des vapeurs (1).

Dans les lieux voisins des bouches volcaniques, comme Naples, Messine, etc., on ne craint les tremblemens de terre que si les vapeurs et les flammes cessent de s'échapper par la bouche des volcans, et plusieurs personnes instruites de Quito firent part à M. de Humboldt de la persuasion où elles étaient que si le dôme trachytique de Chimborazzo venait à être brisé par les feux souterrains et se transformait en un volcan actif, les secousses deviendraient bien moins fréquentes. Les anciens attribuaient déjà les oscillations du sol à la tension des fluides élastiques; car Strabon dit que les secousses ne cessèrent à l'île d'Eubée que lorsqu'il se fut ouvert dans la plaine de Lélante, près de Chalcée, une crevasse qui vomit un fleuve de boue enflammée.

On sait que les tremblemens de terre se font sentir très-rapidement à une grande distance. On en a un exemple dans celui de Lisbonne et dans les secousses du volcan de Saint-Vincent; mais il arrive aussi que le choc se propage en ligne droite, sans qu'à la surface les points intermédiaires s'en ressentent. C'est ce qui arrive fréquemment au Pérou et au Mexique dans les tremblemens de terre qui suivent, depuis des siècles, une direction déterminée. « Les habitans des Andes disent naïvement d'un terrain intermédiaire qui ne participe pas au mouvement général, « qu'il fait pont » (que hace puente), comme s'ils voulaient indiquer par là que ces oscillations se propagent à une immense profondeur au-dessous d'une roche inerte (2). »

---

(1) Humboldt, *Voyage aux régions équinoxiales*, t. II, p. 294.
(2) *Idem*, t. V, p. 25.

Effectivement, on trouve dans les mines la preuve de cette supposition. On a vu dans celles de Saxe des ouvriers sortir effrayés par des secousses qui n'avaient point été ressenties à la surface, et il est très-vrai que certaines roches transmettent mieux le mouvement que d'autres. « Ainsi, à Cumana, par exemple, avant la grande catastrophe de 1797, les tremblemens de terre ne se faisaient sentir que le long de la côte méridionale et calcaire du golfe de Cariaco jusqu'à la ville de ce nom, tandis qu'à la péninsule d'Araya et au village de Maniquarez le sol ne participait pas aux mêmes agitations. Les habitans de cette côte méridionale, qui est composée de schiste micacé, élevaient leurs cabanes sur un terrain immobile; un golfe de 3 à 4,000 toises de largeur les séparait d'une plaine couverte de ruines bouleversée par des tremblemens de terre. Cette sécurité, fondée sur l'expérience de plusieurs siècles, a disparu. Depuis le 14 décembre 1797, de nouvelles communications semblent s'être ouvertes dans l'intérieur du globe. Aujourd'hui on n'éprouve pas seulement à la péninsule d'Araya les agitations du sol de Cumana; le promontoire de schiste micacé est devenu à son tour un centre particulier de mouvement (1). »

Il arrive souvent aussi que la secousse est plus forte au point où deux roches différentes viennent se joindre, surtout s'il y a une grande différence entre elles, comme, par exemple, une roche de sédiment qui vient s'appuyer contre une roche cristallisée. On remarque, quoique plus rarement, que les secousses sont limitées dans un cercle très-étroit; c'est ce qui arrive sur les côtes de la mer Caspienne, au vieux et au nouveau

---

(1) Humboldt, *Voyage aux régions équinoxiales*, t. II, p. 291.

Chamaïchi. La première de ces deux villes, qui est aussi grande que Paris, est ébranlée toutes les nuits de 2 à 3 heures; la dernière l'est aussi, quoique d'une manière moins régulière; mais les secousses s'éloignent peu de ces deux localités. A Bakou, qui en est très-rapproché et où brûlent continuellement les feux que nous avons décrits, il n'y en a pas eu de mémoire d'homme (1).

Ces feux agissent probablement comme des soupiraux volcaniques; car tout porte à croire que, pendant les tremblemens de terre, il y a des dégagemens de gaz considérables. Ce ne sont que des matières gazeuses qui peuvent projeter l'eau et le sable avec violence, comme cela arrive dans la plupart des secousses. Les feux qui s'échappent des crevasses ne sont que des gaz qui brûlent avec une flamme plus ou moins brillante. Souvent la mer bouillonne et d'énormes bulles viennent se répandre dans l'atmosphère. Immédiatement après un tremblement de terre qui eut lieu, il y a quelques années, dans les Pyrénées, une colonne d'air très-chaud et fortement chargée de soufre se répandit dans l'atmosphère et enveloppa le cirque de Gavarnie. Elle fut signalée par M. Philipe, dans une lettre à M. Cordier. Etait-elle sortie par une fissure du sol, ou était-ce seulement une émission abondante et extraordinaire de l'hydrogène sulfuré qui s'échappe des sources thermales? On a reconnu aussi une certaine coïncidence entre des dégagemens de gaz qui s'élèvent du fond du lac de Genève et certains tremblemens de terre qui se sont

---

(1) Extrait d'une lettre écrite de Bakou, par M. le professeur Shulz, sur les tremblemens de terre de cette contrée. *Annales de Chimie et de Physique*, t. XLII, p. 417.

fait sentir dans la chaîne des Alpes. Si l'on observe rarement ces dégagemens, c'est que les gaz ne sont sensibles pour nous que sous une couche de liquide, autrement ils se dissipent dans l'atmosphère, sans que nous puissions nous apercevoir ni de leur passage ni de leur présence. Enfin, ce qui prouve encore que des émanations gazeuses sont produites lors des tremblemens de terre, c'est le bruit souterrain que l'on entend presque toujours et qui tantôt précède l'éruption et d'autrefois la suit, bruit qui, du reste, n'est pas toujours en rapport avec la force des secousses. Ainsi, à Cumana il les précède constamment, tandis qu'à Quito, et depuis peu à Caracas et aux Antilles, on a entendu un bruit semblable à la décharge d'une batterie, long-temps après que les secousses avaient cessé. Quelquefois même le roulement de ces tonnerres souterrains dure pendant plusieurs mois, sans être accompagné du moindre mouvement oscillatoire du sol (1). Le bruit vient bien évidemment de bas en haut; car des esclaves qui tiraient de l'eau d'un puits, près du Rio-Manzarez, entendirent un bruit semblable à l'explosion d'une forte charge de poudre à canon (2).

Indépendamment du bruit, les matières gazeuses qui se dégagent ont quelquefois une odeur sulfureuse ou bitumineuse très-marquée, que distinguent très-bien les habitans des pays où les tremblemens de terre se font souvent sentir. Les animaux semblent même bien plus affectés que les hommes par ces émanations et ils témoignent une grande inquiétude. Un autre fait tendrait encore à faire croire à d'abondantes émis-

---

(1) Humboldt, *Voyage aux régions équinoxiales*, t. II, p. 289.
(2) *Idem*, t. IV, p. 17.

sions gazeuses, c'est que les végétaux qui recouvrent le sol sous lequel le bruit s'est fait entendre deviennent souvent nuisibles aux bestiaux et occasionnent des épizooties, sans qu'on puisse y découvrir aucune altération ni la présence d'aucune matière étrangère. On sait que les mêmes inconvéniens ont lieu pour les plantes frappées de la grêle.

L'influence des saisons a, dans quelques cas seulement, une action déterminée sur les oscillations du sol; mais on n'a pas encore d'observations assez nombreuses et assez précises pour savoir positivement si quelques circonstances atmosphériques influent sur les tremblemens de terre. On peut bien assurer dès à présent qu'il y a souvent dans l'atmosphère des phénomènes particuliers pendant les secousses et peut-être même auparavant; mais il est présumable que ces signes sont plutôt l'effet que la cause, et que le point de départ de tous ces mouvemens est à la surface d'action chimique intérieure qui s'éloigne continuellement de l'extérieur de la terre. Son éloignement étant plus ou moins grand, selon les localités, ses effets doivent se faire sentir avec des intensités différentes, suivant l'épaisseur de la couche solide qui nous en sépare, suivant sa nature, et les dislocations qu'elle a déjà éprouvées.

CHAPITRE VINGT-TROISIÈME.

DES VOLCANS.

L'ÉTUDE que nous avons faite de la température intérieure du globe, et l'examen des phénomènes que nous venons de décrire, nous autorisent à penser que la terre est une masse incandescente et fondue, recouverte par une croûte solide d'une certaine épaisseur. Sur plusieurs points, il existe des communications entre l'extérieur et l'intérieur, et le feu central se manifestant du dedans au dehors, produit une série de phénomènes plus ou moins intenses et plus ou moins différens. L'effet et la cause sont confondus sous le nom de *volcan*, quoique cependant on donne le nom de *foyer* au point intérieur d'où provient la puissance volcanique, et celui d'*éruption* à l'ensemble des phénomènes qui sont le résultat de cette force.

Le foyer peut être plus ou moins actif, et les éruptions plus ou moins nombreuses.

Celles-ci sont ordinairement composées de dégagemens de gaz très-abondans, d'éjections de matières sableuses et pulvérulentes, de masses de pierres solides ou demi-fondues, de courans pâteux et incandescens, qui se solidifient par le refroidissement. Elles sont presque toujours accompagnées de flammes et de chaleur, de bruits souterrains et de tremblemens de terre.

Souvent le volcan s'ouvre sur une montagne qu'il

recouvre de ses déjections pierreuses ou pulvérulentes; quelquefois il accumule les matières en assez grande quantité pour former lui-même un monticule au milieu duquel est l'ouverture qui communique au foyer. L'expulsion rapide de matières pulvérulentes, s'opposant à ce que les matières lancées à une certaine hauteur retombent précisément sur l'orifice, il se forme un creux régulier, arrondi, ayant la forme d'un entonnoir ou d'un cône renversé, et que l'on désigne sous le nom de *cratère*. Il en résulte que le cratère est souvent placé au sommet d'une montagne conique, produite par les déjections du volcan. C'est l'orifice par lequel s'échappent ordinairement les matières gazeuses, et quelquefois aussi les masses fondues que l'on connaît sous le nom de *laves*.

Il n'est pas nécessaire que toutes ces circonstances et ces divers détails de forme extérieure se présentent pour constituer un volcan, car il arrive quelquefois que l'éruption se fait par une simple fente au milieu du sol, ou par le flanc plutôt que par le sommet de la montagne. Une éruption peut aussi avoir lieu sans tremblement de terre, sans secousses, sans épanchement de lave, mais jamais sans dégagement de chaleur et de matières gazeuses.

On voit que certaines éruptions se rapprochent par conséquent des simples dégagemens de gaz enflammés que nous avons décrits, et de la simple apparition d'une source thermale. Il y a en effet le plus grand rapport entre tous ces phénomènes, et nos définitions ne peuvent pas être exactes quand la nature groupe elle-même des effets analogues autour d'une cause unique.

Pour mettre de l'ordre dans l'étude de phénomènes si importans, nous allons d'abord décrire d'une

manière générale les éruptions volcaniques. Nous examinerons ensuite le nombre et la situation géographique des principaux volcans, ainsi que les phénomènes particuliers que nous ont offerts leurs éruptions, et nous terminerons en exposant la théorie qui paraît le mieux s'adapter aux faits nombreux que nous allons décrire.

ÉRUPTIONS VOLCANIQUES.

Il est assez rare qu'une simple fente donne issue aux matières volcaniques. Elles s'échappent presque toujours d'un cône composé de diverses matières scorifiées qui sont sorties de l'intérieur et qui se sont déposées assez régulièrement autour de la bouche qui les a lancées. Ce cône atteint quelquefois une très-grande élévation au-dessus du niveau de la mer ou au-dessus de la plaine qui le supporte; mais il faut faire attention que ce ne sont pas toujours les matières incohérentes et volcaniques qui le composent en entier. Elles ne font souvent que le recouvrir, et bien que l'élévation soit produite par la force volcanique, il faut la distinguer d'un simple amoncèlement de scories et de pouzzolanes. Dans le premier cas, c'est un *centre ou un cratère de soulèvement* sur lequel nous reviendrons par la suite; dans le second, c'est un *cône ou cratère d'éruption*, c'est-à-dire formé par des matières rejetées de l'intérieur au dehors. Quand il existe au sommet un cratère, il est plus ou moins profond et plus ou moins large; mais ses caractères varient à chaque éruption, à moins qu'elle ne sorte des flancs de la montagne. La hauteur du cône, comparée à la circonférence de la base, est $\frac{1}{28}$ pour le pic de Ténériffe, daprès M. de Humboldt; de $\frac{1}{35}$ pour le Vésuve, et de

$\frac{1}{34}$ pour l'Etna, selon les observations de M. de Buch. La largeur du cratère du pic de Ténériffe est de 300 pieds dans un sens et de 200 dans un autre; celle du volcan de Pariou en Auvergne est de 300 pieds.

Pendant leur période de tranquillité, les volcans laissent seulement échapper quelques vapeurs blanchâtres, qui se répandent dans l'air, ou de larges colonnes de fumée qui s'échappent des fissures du sol; mais lorsqu'une éruption se prépare, la scène change, et des signes certains annoncent l'approche du phénomène.

Les premiers indices sont des bruits souterrains qui se prolongent très-loin et agitent le sol d'une manière sensible; en même temps la fumée paraît au sommet du volcan; elle s'élève, sa colonne augmente d'épaisseur, prend une teinte plus foncée, et monte perpendiculairement si le temps est calme et si le vent ne lui imprime pas sa propre direction. Des secousses plus ou moins violentes ébranlent la montagne, et alors se manifestent une partie des phénomènes que nous avons décrits dans le chapitre précédent. Le dégagement des matières gazeuses continue d'avoir lieu; la vapeur d'eau s'unit à une épaisse fumée que viennent sillonner quelques flammes, et bientôt s'affaissant par leur propre poids, ces épaisses vapeurs retombent sur la bouche dont elles s'échappent, en enveloppant la montagne d'un brouillard épais et fétide qu'une lueur pâle et affaiblie vient parfois illuminer. Il semble que des phénomènes électriques se passent dans l'atmosphère qui entoure la montagne enflammée. La foudre éclate et la pluie tombe, sans que les torrens d'eau puissent affaiblir l'intensité des flammes et l'émission des sables incandescens qui s'élancent en gerbes et retombent décolorés sur les flancs de la montagne.

Des pierres rougies sont lancées à des hauteurs immenses et retombent animées d'un mouvement de rotation rapide qui influe sur la forme qu'elles conservent après leur refroidissement. Des nuages de cendres s'échappent aussi des cratères, se mêlent aux vapeurs et voyagent, portés par les vents, à d'énormes distances, ou bien, entraînés par les pluies, ils retombent et forment ces torrrens de boue dont la puissance est si grande et qui s'étendent au pied du cône, sur les flancs duquel ils ont ruisselé. Les déjections de scories continuent, de nouvelles gerbes enflammées se font jour au milieu des masses de vapeur noire; de nouvelles scories se joignent à celles qui gisent déjà sur les pentes, et les éclats du tonnerre, qui ajoutent encore à l'horreur et à la magnificence du spectacle, préludent à de nouvelles secousses et à de nouveaux efforts. Bientôt tous ces phénomènes semblent s'agrandir, et la lave, qui depuis long-temps bouillonnait dans le cratère dont les parois résistaient à sa pression, brise le cône de scories, fond les matières qui la retenaient captive, et s'échappe comme un fleuve de feu dont les sources ardentes semblent intarissables. On voit alors ce courant marcher avec une rapidité que déterminent et le point d'éruption et la pente sur laquelle il se répand; on le voit grandir, avancer, s'étendre et s'élargir; on le voit lutter contre tous les obstacles, surmonter les irrégularités du sol, enflammer les forêts, envahir les villages et les champs cultivés, et couvrir de fertiles campagnes d'une couche pierreuse impénétrable à la fois au fer des hommes et aux rayons du soleil. Rien de plus magnifique, rien de plus déchirant que de voir, la nuit, cette longue bande enflammée porter la désolation et la mort sur des plaines auparavant fertiles et peuplées, et de voir ensevelir pour toujours ces villes

déjà bâties sur d'anciens courans refroidis. Mais enfin, les sources de feu tarissent, et le courant avance toujours; de nouvelles gerbes s'élèvent encore des cratères, des cendres sont lancées dans l'atmosphère, qui, moins agitée, paraît fatiguée de la lutte; des vapeurs se dégagent encore, mais bientôt elles cessent, et quelques fumaroles, dispersées dans l'intérieur du soupirail, s'échappant des fissures du cône, restent pour indiquer qu'une puissante action sommeille et que son réveil viendra renouveler un jour des désastres dont Dieu seul peut connaître l'étendue et la fin.

Tels sont les phénomènes généraux que nous offrent les éruptions volcaniques. Nous allons maintenant étudier en détail chacun de leurs effets, à l'exception des tremblemens de terre, dont nous avons déjà parlé. Nous décrirons successivement les éruptions de matières *gazeuses*, *pulvérulentes* et *solides*, et nous terminerons par l'examen de quelques effets particuliers à certains volcans ou à certaines localités. Dans cet examen, nous aurons fréquemment recours à un ouvrage qui, quoique répandu, mériterait de l'être davantage, à cause de la manière consciencieuse et savante à la fois avec laquelle il est écrit, qualités rares, mais réunies dans les *Considérations générales sur les volcans*, par M. le professeur Girardin, de Rouen.

Des bruits souterrains.

Les tremblemens de terre qui accompagnent les éruptions volcaniques, sont souvent précédés de bruits sourds et souterrains qui ressemblent à de fortes décharges d'artillerie ou au roulement d'une voiture sur le pavé. Ces détonnations s'entendent de très-loin; car lors de l'éruption du Cotopaxi, en 1744, le mugisse-

ment de ce volcan se fit entendre à Honda et à Monpox, villes situées dans un éloignement de deux cent vingt lieues. Si le Vésuve avait la même intensité de force volcanique, on devrait entendre son bruit, d'après cet exemple, jusqu'à Dijon ou à Prague (1).

Ce n'est pas au moyen de l'air que le son se propage à d'aussi grandes distances, c'est par l'intérieur du sol. Si les éruptions du volcan de Saint-Vincent, celles du Tunguragua, du Cotopaxi que nous venons de citer, retentissent de si loin comme un canon d'un volume immense, le fracas devrait augmenter en raison inverse de la distance; mais les observations prouvent que cette augmentation n'a pas lieu. Il y a plus encore: dans la mer du sud, en partant de Guayaquil pour les côtes du Mexique, MM. de Humboldt et Bompland ont traversé des passages dans lesquels tous les matelots de leur vaisseau furent alarmés par un bruit sourd qui venait du fond de l'Océan, et qui semblait communiqué par les eaux. C'était l'époque d'une nouvelle éruption du Cotopaxi, dont ils se trouvaient éloignés autant que l'Etna l'est de la ville de Naples (2).

Plusieurs fois, en diverses parties de l'Amérique, ces bruits souterrains se soutinrent avec tant d'intensité qu'on les prit pour le son du canon, et qu'ils donnèrent lieu à des dispositions militaires. Ils paraissent, du reste, en rapport avec la force de l'éruption. Dans quatre voyages que fit sir Humphry Davy sur le cratère du Vésuve, au mois de mars 1815, ce savant rapporte qu'il avait appris à estimer la violence de l'éruption d'après la nature de la détonnation. « Un tonnerre

---

(1) Humboldt, *Géographie des plantes*, p. 53.
(2) Idem, *Voyage aux régions équinoxiales*, t. V, p. 34.

souterrain très-sonore et long-temps continué annonçait une explosion considérable. Avant l'éruption, le cratère paraissait parfaitement tranquille, et son fond, sans aucune ouverture apparente, était de cendres. Bientôt des bruits sourds et confus se faisaient entendre, comme s'ils venaient d'une grande distance. Peu à peu le son approchait et ressemblait bientôt à celui d'une artillerie qui aurait été au pied. Alors des cendres et de la fumée commençaient à s'échapper du fond du cratère. Enfin la lave et les matières incandescentes étaient projetées avec les plus violentes explosions (1). »

Émanations gazeuses.

Les matières gazeuses qui s'échappent pendant les éruptions sont toujours très-abondantes; mais jusqu'à présent on n'y a pas reconnu une grande variété. La vapeur d'eau en constitue la majeure partie. On y trouve ensuite les gaz sulfureux, hydro-chlorique, carbonique, hydro-sulfurique et azote. Ces gaz ne se dégagent pas tous à la fois, il est même assez rare qu'ils sortent pendant une même éruption; mais il faut avouer aussi notre ignorance à cet égard; car c'est très-rarement que l'on a fait des expériences sur ce sujet, et que l'on a pu recueillir et analyser les émanations volcaniques. Il n'y aurait donc rien d'étonnant si l'on venait à annoncer que d'autres matières ont été reconnues dans les émanations gazeuses des volcans.

Ces gaz, seuls ou réunis, mais surtout la vapeur

---

(1) Sir H. Davy, sur les phénomènes des volcans. *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXXVIII, p. 133.

d'eau, souvent mélangés de matières pulvérulentes qu'ils entraînent, constituent ces nuages noirâtres qui s'élèvent en bouffées au-dessus des cratères et qui ressemblent à de la fumée. Souvent ces nuages, sillonnés par des éclairs, ou plutôt éclairés par la réverbération des matières incandescentes qui remplissent l'entonnoir, ressemblent de loin à des flammes qui s'échappent de la montagne comme d'une ardente fournaise. quelques observateurs prétendent même qu'il ne se dégage jamais de véritables flammes des volcans, et qu'il faut rapporter à ces fausses apparences la description précise des observateurs qui les signalent; mais il est bien constaté que des gaz sortent réellement enflammés des cratères.

Les dégagemens de gaz ont lieu principalement par l'orifice ordinaire du volcan, quelquefois par les fissures du cône de scories ou par des fumaroles qui s'établissent à la base. Ils ont souvent une action puissante sur les parois qu'ils traversent, d'autant plus que la vapeur d'eau qui les accompagne aide encore à leur action chimique. Lorsque la lave s'élève dans le cratère, ou lors même qu'elle en a déjà fondu les parois, et qu'elle s'écoule sur le sol, on voit encore des matières gazeuses qui s'en échappent et viennent former des bulles à sa surface.

C'est probablement à cette énorme production de gaz et à la vapeur d'eau soumise à une énorme pression qu'il faut attribuer les bruits souterains et ce roulement prolongé dont nous avons fait mention.

Éjections de sables, de cendres, de scories.

Avant la sortie des laves, on voit lancer par le cra-

tère différentes substances pulvérulentes, accompagnées de fragmens plus ou moins volumineux. Ces produits portent différens noms, suivant leur grosseur et leur nature. On les appelle *cendres* quand ils sont sous forme de poussière fine; *sables* ou *pouzzolanes*, lorsqu'ils se présentent sous forme de petits grains irréguliers et fortement torréfiés; *rapilli*, quand ce sont de petits fragmens plus gros que le sable; *scories*, quand les morceaux sont encore plus gros, poreux dans tout l'intérieur, quelquefois vitrifiés à la surface et généralement légers comparativement aux autres produits volcaniques. Les *bombes*, les *amandes* ou *larmes volcaniques* sont des variétés de scories ou des morceaux de pâte fondue, qui, lancés à une grande hauteur, se sont arrondis en tournant et aplatis en tombant.

Les *cendres* sont la substance même des laves réduite à une extrême ténuité; elles sont grises ou blanches et rarement noires. Elles sont quelquefois composées d'une infinité de petits cristaux principalement feldspathiques, dont les formes se révèlent par l'examen microscopique. Elles s'élèvent souvent des cratères avec de la vapeur d'eau, et se précipitent en couches d'épaisseur variable, qui se tassent d'elles-mêmes pendant qu'elles sont humides, et forment une masse assez compacte. On les a vues aussi se déposer à l'état sec, puis recevoir un grand nombre de larges gouttes de pluie, qui les agglomméraient en globules et donnaient ainsi à ces dépôts une structure oolitique dont on a long-temps ignoré l'origine.

Abondantes dans certaines éruptions, les cendres parviennent à se dégager des vapeurs et le vent les transporte alors à d'énormes distances. Procope assure qu'en 472 celles du *Vésuve* furent portées jusqu'à *Constantinople*, c'est-à-dire à deux cent cinquante

lieues. Celles de l'*Etna*, en 1329, allèrent jusqu'à *Malte*; celles de l'*Hécla*, en 1766, se répandirent à cinquante lieues. *Rome*, *Venise*, sont très-souvent incommodées par les cendres du *Vésuve*. En 1794, toute la *Calabre* fut enveloppée par les nuages épais que les cendres du même volcan produisirent. Beaucoup d'auteurs estiment que celles lancées par les volcans de l'Asie et de l'Amérique se répandent à plus de cent lieues de distance. Dans l'éruption considérable du *Tomboro*, volcan de l'île de *Sumbawa*, qui eut lieu en avril 1815, les cendres vomies par ce volcan s'étendirent sur *Java*, sur *Macassar*, sur *Batavia*; elles parvinrent même jusqu'à *Bencoolen*, à *Sumatra*, qui est aussi éloigné du point de départ que l'*Etna* l'est de *Hambourg*.

La rapidité avec laquelle ces cendres sont entraînées à des distances si considérables, n'a rien qui doive étonner, si on fait attention que la vîtesse du vent peut aller jusqu'à cent trente-deux pieds par seconde, ce qui fait vingt-neuf lieues par heure et sept cents par vingt-quatre heures, s'il soufflait pendant tout ce temps dans une même direction et avec la même violence. Ces cendres forment des nuages si épais, que les endroits où elles s'étendent sont plongés souvent dans une obscurité profonde. Dans la fameuse éruption du *Vésuve*, arrivée le 22 octobre 1822, et qui dura douze jours de suite, l'atmosphère était tellement remplie de cendres, que tout le pays, au milieu du jour, fut, durant plusieurs heures, enveloppé de ténèbres profondes, et qu'on allait dans les rues des villages avec des lanternes, comme cela arrive si souvent à *Quito*, pendant les éruptions du *Pichincha*. Dans l'éruption de l'*Hécla*, en 1766, de pareils nuages prodisirent une telle obscurité, qu'à *Glaumba*, éloigné de plus de cinquante

lieues, on ne pouvait se conduire qu'à tâtons (1). Le 1er mai 1812, un nuage de cendres et de sables volcaniques, venant d'un volcan de l'île *Saint-Vincent*, couvrit toute la *Barbade* (distant de plus de vingt lieues), et y répandit une obscurité si profonde qu'à midi, en plein air, on ne pouvait apercevoir les arbres et autres objets près desquels on était, pas même un mouchoir blanc placé à six pouces des yeux (2). A l'éruption du *Cotopaxi*, le 4 avril 1768, la pluie de cendres fut si forte, qu'à *Saint-Ambato* et à *Tacuaga*, les habitans marchaient dans les rues, pendant le jour, avec des lanternes (3).

Les *sables*, *pouzzolanes* ou *rapilli* qui suivent ou précèdent souvent l'émission des cendres, sont de très-petites scories, mais qui présentent tous les caractères des grandes. On ne conçoit pas trop comment elles se forment; on suppose cependant que les gaz, en s'échappant de la lave incandescente, en entraînent de petites parties qui se figent en l'air et se refroidissent assez pour ne plus adhérer en retombant les unes sur les autres. Ces pouzzolanes renferment fréquemment des cristaux de pyroxène; leur couleur est noire ou rouge, quelquefois jaune, quand elles ont été atteintes par des émanations de gaz acides. Les parties les plus fines de ces diverses matières sont souvent entraînées par les eaux loin des cratères d'éruption et vont former des dépôts dans les diverses régions des terrains volcaniques.

Les *scories*, *bombes* ou *amandes* ont la même origine que les pouzzolanes : ce sont de petites masses plus ou

---

(1) Olaffen's, *Reise durch Island.*

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, octobre 1818.

(3) Girardin, *Considérations générales sur les volcans*, p. 56.

moins poreuses, et quelquefois extrêmement légères, qui sont restées long-temps en l'air et qui retombent ainsi presque solidifiées. Quelquefois pourtant elles s'agglutinent encore, mais le plus souvent elles se tassent en tombant et forment des couches dont chaque morceau est séparé des autres, comme le sont les couches de grêlons qui se tassent sur le sol pendant un orage. La surface des scories paraît quelquefois vitrifiée, comme celle de certains aérolithes; leur intérieur est, dans quelques cas, entièrement vitreux; leur couleur est noire, rouge ou blanche, jaune quand elles ont été attaquées par les acides gazeux qui s'échappent pendant les éruptions. Le fer est la matière qui les colore, et il paraît que la coloration tient à son degré plus ou moins élevé d'oxidation, car on voit des scories moité noires et moitié rouges, d'autres qui présentent l'une ou l'autre de ces deux teintes de la manière la plus intense; la majeure partie est brune et tirant tantôt sur le noir, tantôt sur le rouge. Les scories blanches sont désignées sous le nom de ponces; elles contiennent assez souvent des cristaux de feldspath et des filets blancs et soyeux; leurs fibres sont tantôt parallèles, tantôt entre-croisées; elles ont généralement le grain plus fin que les scories noires ou rouges.

Les bombes volcaniques sont ordinairement plus compactes et plus volumineuses que les scories légères; leur forme est arrondie ou ovale; elles sont souvent aplaties d'un côté et terminées par une espèce de prolongement qui prouve que la matière dont elles ont été détachées était pâteuse et offrait une certaine résistance à la séparation. On remarque aussi qu'un morceau de roche étrangère a souvent servi de noyau à ces singulières scories; quelquefois même un cristal de pyroxène ou de feldspath, un fragment de péridot, etc., ont déter-

miné leur singulière formation. Du reste, les scories et les fragmens de roches étrangères rejetées pendant les éruptions varient autant par leur volume que par leur forme; ceux que le Cotopaxi et le pic de Teyde ont lancés ont plusieurs toises de circonférence. Si ces fragmens ne sont pas toujours en rapport avec l'élévation de la montagne ignivome, ils le sont du moins avec l'intensité d'action que possède chaque volcan.

Ainsi, tandis que le Cotopaxi vomit des morceaux monstrueux que toutes les forces humaines réunies ne pourraient mettre en mouvement, le Stromboli ne lance ordinairement que des fragmens de quelques centimètres de diamètre.

La hauteur à laquelle ces masses s'élèvent dans l'air est souvent prodigieuse. Le P. della Torre raconte (*Histoire du Vésuve*) que, dans le violent incendie du 20 janvier 1755, ayant calculé le temps que les cailloux lancés mettaient à tomber, il le trouva de huit secondes, d'où il conclut qu'ils étaient montés à la hauteur de neuf cent cinquante-six pieds de Paris. Les pierres que lança le Vésuve, en 1779, restèrent en l'air pendant vingt-cinq secondes; l'Etna, en 1669 et en 1819, lança de grandes masses de pierres jusqu'à une lieue de distance. Le Cotopaxi a rejeté, en 1533, des masses de dix mètres cubes à trois lieues au loin de la montagne. M. d'Aubuisson de Voisins a cherché à connaître quelle pouvait être la plus grande vîtesse de projection des volcans, et il a trouvé, par le calcul, que cette plus grande vîtesse, pour le Vésuve et l'Etna, n'allait pas au-delà de celle qu'ont les boulets au sortir de nos canons, vîtesse qui est de quatre à cinq cents mètres par seconde.

Toutes ces matières solides incohérentes, composées de cendres, de rapilli, de scories, de ponces, de mor-

ceaux de laves rompus et brisés, de pierres même nullement volcaniques, constituent donc les déjections des volcans. Ces déjections se font par jets qui paraissent enflammés pendant la nuit, se succèdent avec une grande irrégularité, et souvent avec une telle fréquence que les pierres d'un jet sortent de la bouche du volcan tandis que celles lancées par le jet précédent sont encore en l'air ou retombent. Dans ce cas, la hauteur à laquelle ces pierres s'élèvent n'est pas ordinairement très-grande; d'autres fois, au contraire, comme je viens de le dire tout à l'heure, ces matières sont lancées à de très-hautes élévations et offrent une masse volumineuse. Dans la fameuse éruption du Vésuve, en 1794, aussitôt que le dégorgement de la lave par les flancs du volcan eut cessé, les éruptions de matières détachées du sommet commencèrent et durèrent pendant plusieurs jours sans interruption. On voyait à chaque instant sortir de la bouche du cratère une masse si démesurée de pierres et de matières terreuses, qu'elle en remplissait tout l'espace, bien qu'il eût un mille de circonférence; elle s'élevait à une grande hauteur, et s'écartant en l'air, elle formait une autre montagne qui paraissait plus grande que celle d'où elle sortait.

Cependant les explosions de matières incohérentes sont quelquefois isolées et forment une seule grande éruption, au lieu de se succéder les unes aux autres; on voit une colonne immense et d'un diamètre égal à celui de la bouche du volcan, se soulever en l'air, monter à une grande hauteur, et se dilater ensuite par son sommet en prenant la forme d'un pin, forme si bien décrite par Pline le jeune, dans sa lettre à Tacite sur la mort de son oncle Pline le Naturaliste. Braccini dit, dans sa relation de l'éruption du Vésuve de 1631, que l'élévation de la colonne qui sortait du cratère,

prise de Naples avec un quart de cercle, dépassait trente milles. Cette mesure paraît un peu exagérée. (Breislack.)

Cette colonne, parvenue à sa plus grande hauteur, ne tarde pas à se diviser et à former une pluie de pierres et de cendres qui occasionnent des ravages terribles aux environs des volcans. La quantité de matières qui s'échappent dans ces circonstances, excède tout ce que l'imagination peut se représenter. Quoique le *Vésuve* soit un des plus petits volcans d'Europe, il vomit cependant, dans l'éruption qui eut lieu au temps de Titus, une si grande quantité de matières détachées, qu'elles suffirent pour ensevelir Pompeïa, Herculanum et Staba, trois villes au S. O. du Vésuve, sous un amas de plus de cinquante pieds, que recouvrit ensuite un lit de laves de plusieurs pieds de profondeur.

Dans l'éruption du 22 octobre 1822, qui a été la plus forte depuis celle de 1794, il y eut dans les environs du volcan jusqu'à huit pieds de cendres et de rapilli. Les toits des maisons ressortirent seuls des cendres, dans les hameaux de Somma et d'Ottajano. L'eau, en dissolvant les parties calcaires, cimenta les sables volcaniques. Quatre mille habitans perdirent leur demeure par suite de ce terrible événement (1).

Quelle doit être, d'après cela, la grandeur des éruptions des volcans du nouveau continent! C'est en contemplant des effets aussi gigantesques que l'homme doit être effrayé de la toute-puissance de celui qui a tout

---

(1) Voyez : *sur l'éruption du Vésuve*, du 22 octobre 1822, par M. C. Schnetzer; *Wien. Zeit.*, mai 1823, p. 529. Voir aussi *Geist der Zeit*, juillet 1823, p. 113.

animé de son souffle créateur, et que, par un retour sur lui-même, il doit sourire de son orgueil et de sa vanité (1) !

Des éruptions de lave.

Tout le magnifique spectacle d'un volcan en activité n'a quelquefois d'autres résultats qu'un amas de sables et de scories disposées en un cône plus ou moins régulier, et souvent terminé par un cratère ; mais dans une éruption complète, il sort aussi de la montagne une masse de lave incandescente dont l'émission apaise ordinairement les phénomènes volcaniques, et rétablit l'équilibre de l'extérieur à l'intérieur du globe. Quelle que soit la composition des laves, ce sont des matières minérales tenues en fusion par la chaleur centrale, et qui semblent avoir été soumises à une pression considérable avant leur sortie du sol.

Elles s'élèvent dans la montagne volcanique par la cheminée qui met le cratère en communication avec l'intérieur de la terre, et là se trouve un lac de matières embrasées que le courage aidé de circonstances favorables a permis à plusieurs observateurs de contempler. Le célèbre architecte Soufflot se fit suspendre, en 1750, dans l'intérieur du cratère de l'Etna, à l'aide de longues cordes attachées au bord même de la cavité. Un évêque anglais se fit aussi descendre, il y a plus de soixante ans, sur un rocher qui faisait saillie dans le Vésuve ; il vit dans le fond du gouffre comme un lac de feu sur lequel voltigeaient des flammes bleuâtres. Spallanzani étant monté, en 1788, à la cime de l'Etna, dans un moment où le volcan était parfaitement tranquille,

(1) Girardin, p. 61.

put entrer dans le cratère : au fond il vit une ouverture d'une trentaine de pieds d'où s'élevait perpendiculairement une colonne de fumée très-blanche, qui pouvait avoir vingt pieds de diamètre dans sa partie inférieure. S'étant approché du bord dans le temps où la colonne était poussée par le vent dans un sens opposé, il aperçut au fond de l'ouverture une matière liquide embrasée, qui avait un mouvement d'ébullition très-léger ; on la voyait descendre et monter presque jusqu'au cratère : c'était la lave. Les pierres qu'on y jetait faisaient entendre un bruit pareil à celui qu'elle auraient produit si elles étaient tombées sur une pâte. Le même naturaliste a pu aussi apercevoir l'état intérieur du cratère de Stromboli : la lave présentait le même aspect, avec cette particularité qu'elle était dans une agitation continuelle assez violente (1).

La hauteur des cônes volcaniques a une influence marquée sur le mode d'épanchement de la lave; car la différence entre ces hauteurs est extrêmement grande. Le Stromboli et le Cotopaxi paraissent les deux termes de la série. Le premier a environ 100 toises de hauteur et le second 2,950.

La lave éprouve, dans l'intérieur des cratères, des oscillations qui élèvent et abaissent successivement son niveau, et il est très-rare qu'elle les emplisse au point de déborder par-dessus. Le plus ordinairement la pression qu'elle exerce sur les parois et la haute température qu'elle possède suffisent pour fondre une partie des matières incohérentes qui les composent dans les points où il y a le moins de résistance, et la lave s'échappe en laissant pour témoin de son élévation une

(1) *Voyage dans les Deux-Siciles*, chap. VIII et X.

ligne de scories ou de matières fondues autour de la portion intacte du cratère qu'elle vient d'égueuler.

Si le cône volcanique est très-élevé, c'est plus souvent par le bas que l'éruption de lave s'opère, comme cela arrive à Ténériffe, comme on l'observe surtout à l'Etna, dont les flancs sont couverts d'une centaine de montagnes volcaniques, qui sont nées sur ses pentes et ont donné naissance à de nombreux courans. Le Monte-Rosso, aussi considérable que le Vésuve, est le produit d'une éruption de l'Etna. Il se forma en trois mois, en 1669, par des éjections de sable et de scories, après que cette nouvelle bouche eut vomi une immense coulée de lave qui fut couvrir une partie de la ville de *Catane*, et qui occupa une lieue et demie de large sur cinq de longueur.

Dans l'éruption de 1787, l'on vit, au contraire, la lave s'élever jusqu'au sommet du cône, à dix mille pieds de hauteur, remplir son immense cratère de six mille pieds de diamètre, et se répandre par-dessus ses bords. Une éruption analogue eut lieu en mars 1833.

Les mêmes phénomènes s'observent au Vésuve. Souvent c'est le cratère supérieur qui se remplit; d'autres fois il se fait des ouvertures latérales, comme dans l'éruption de 1794. La lave se fit jour sur les deux flancs opposés de la montagne. L'une des bouches la vomissait du côté du couchant, vers le rivage de la mer; l'autre dans la partie orientale. Toutes deux agissaient en même temps; celle du côté de la mer était la plus élevée, et l'éruption était beaucoup plus véhémente et plus considérable; c'est celle qui détruisit la ville de *la Torre-del-Greco*, et qui s'avança de trois cents pieds dans la mer.

Dans d'autres circonstances, tout appareil volcanique disparaît. Les matières fondues sortent du sol par une

simple crevasse, comme on l'a vu plusieurs fois sur le plateau de Quito, et comme cela arrive encore en Islande. On en a observé aussi des exemples en Allemagne (1), et presque toutes les laves anciennes sont sorties de cette manière.

Marche des courans. — Quelle que soit la manière dont la lave soit arrivée à la surface, quelle que soit la

---

(1) On en voit un exemple fort curieux sur les bords du Rhin, dans l'Eifel; il se trouve sur le plateau d'une montagne, près du village de Gerolstein.

« Au milieu de ce plateau, dans la partie la plus voisine du village, au sud-ouest du vieux château, on aperçoit un enfoncement conique en forme d'entonnoir qui ne forme saillie à la surface du sol que par un seul de ses bords qui s'élève un peu en pointe. Cet enfoncement est un cratère; ses parois sont revêtues par une lave très-âpre et très-poreuse, d'une couleur brun-grisâtre, et comme cette lave est d'une décomposition facile, elle a produit à sa surface une couche assez épaisse de terre végétale qui est labourée ou couverte de gazon. On peut cependant avec quelqu'attention suivre la trace de la lave, car elle forme à la surface quelques inégalités et quelques saillies où on la voit à découvert. On reconnaît alors que le trou qui s'est formé au milieu des couches du calcaire de transition a donné passage à une assez grande quantité de lave qui s'est répandue à la surface du plateau, et qui, après s'être avancée jusqu'à ses bords, s'est écoulée dans la vallée en formant plusieurs torrens qui sont descendus en cascades entre les murailles du calcaire. Le facile écoulement que la lave obtenait ainsi à mesure qu'elle arrivait de l'intérieur, a été cause qu'elle n'a pas eu le temps d'épaissir autour du cratère et d'y former ces lèvres proéminentes qui caractérisent en général ces sortes de productions. On ne voit de bourrelet qu'en un seul point; partout ailleurs la lave s'étale sur le plateau, puis tombe en cascade dans les rochers. La position particulière du cratère sur une sommité le mettait dans les mêmes circonstances qu'une source minérale qui ne forme point de dépôts, parce que ses produits s'échappent rapidement. » (Jean Reynaud, sur les formations volcaniques des bords du Rhin. *Annales des Mines*, 3e série, t. II, p. 381.)

force assez puissante qui ait pu soulever des abîmes du globe l'énorme poids qu'elles représentent, les laves, une fois sorties des parois du volcan, obéissent, comme tous les liquides, aux lois de la pesanteur, et gagnent les lieux les plus bas. Elles s'avancent donc en suivant les inégalités du sol, avec une vîtesse qui est modifiée par plusieurs causes parmi lesquelles il faut ranger leur degré de fluidité, l'inclinaison du terrain, les obstacles accidentels qui peuvent s'opposer à leur cours, et le choc ou la pression qu'elles éprouvent de la matière incandescente qui s'ajoute continuellement à leur masse. L'influence de ces diverses circonstances fait que le courant embrasé met des journées entières pour avancer de quelques pas, ou bien parcourt en très-peu de temps des espaces considérables. Les courans de l'Etna ont fait souvent un trajet de quatre cents mètres par heure sur un terrain incliné. Dolomieu en cite un qui a mis deux ans pour parcourir 3,800 mètres. Un autre sortit de l'Etna en 1614, se dirigeant sur Randazzo; pendant dix ans que dura l'éruption, il eut toujours un petit mouvement progressif, et cependant il n'avança que de deux milles. M. de la Torre a vu des courans au Vésuve avancer de 800 mètres dans une heure; Hamilton en a observé un qui faisait 1,800 mètres dans le même laps de temps. Dans l'éruption de 1776, on en vit un parcourir plus de 2,000 mètres en quatorze minutes. M. de Buch, présent à l'éruption de 1805, aperçut un torrent de laves s'élancer de la cime avec une rapidité extraordinaire; en trois heures de temps, il fut près des bords de la mer, à plus de 7,000 mètres en ligne droite du point de départ (1).

---

(1) De Buch, *Bibliothèque britannique*, t. XXX.

Lorsque dans sa marche la lave rencontre des obstacles, elle commence par s'accumuler. Si c'est un creux ou une cavité quelconque, elle les comble, y forme un lac de matière fondue et continue sa route. Si c'est une élévation de terrain, après s'être appuyée contre elle, elle se détourne et continue d'avancer. Quelquefois elle se divise en deux branches, laisse au milieu l'obstacle qui reste comme une île intacte au milieu du courant. Les arbres, les forêts qui se présentent sont aussitôt empâtés, et bientôt leur extrêmité brûle et s'enflamme, tandis que leur tronc recouvert et hermétiquement enfermé se transforme en charbon. La lave s'accumule aussi contre les murs des villes, y pénètre en brûlant leurs portes ou en débordant pardessus l'enceinte; elle se moule dans les rues, autour des maisons, et engloutit sans abattre, à cause du peu de rapidité de sa marche.

Température des laves.—De grands phénomènes s'opèrent depuis la sortie des laves du volcan jusqu'à leur entier refroidissement. A peine échappées à l'énorme pression qu'elles supportaient, elles se boursouflent et s'étendent. Les gaz qui ne sont plus comprimés se dégagent. Il semble que la surface de la lave elle-même représente en petit la grande éruption qui lui a donné naissance. On voit des monticules s'élever sur le courant qui vient de naître. D'abondantes émissions de gaz et de vapeur y creusent de petits cratères, des scories s'en échappent et la lave bouillonne encore en marchant toujours, laissant à la fois des éminences et des cavités, des boursouflures et des cratères en miniature. Toutes cependant ne sont pas aussi tourmentées après leur sortie; mais la plupart produisent en abondance des matières salines que l'eau des pluies vient

bientôt entraîner. On rencontre des efflorescences composées de chlorure de sodium mélangé de chlorure de fer ; on y trouve du sulfate de soude, du sulfate et de l'hydrochlorate de potasse, du sulfate et de l'hydrochlorate d'ammoniaque, de l'oxide de cuivre. Sir H. Davy vit, pendant l'éruption du Vésuve de 1819—1820, un cristal de sel marin, coloré en pourpre par de l'hydrochlorate de cobalt. Le chlorure de sodium ou sel marin est quelquefois si abondant dans la même localité, et les masses rejetées en 1822 étaient si considérables, que les habitans de quelques villages autour du Vésuve les recueillirent et en firent des provisions pour leur usage domestique (1).

Cependant la surface des courans ne tarde pas à perdre sa fluidité et sa haute température. Elle noircit peu à peu par le contact de l'air et finit par se solidifier ; mais il s'en faut de beaucoup que l'intérieur se refroidisse également. Tant qu'il reste une couche de lave qui conserve un peu de fluidité pâteuse, le courant avance et la couche supérieure figée se brise de mille manières, tout en comprimant toujours la couche encore liquide qui continue d'avancer. C'est à cette inégalité de refroidissement qu'il faut attribuer l'état de dislocation de toutes les coulées, et si les mêmes caractères ne nous sont pas offerts par certaines laves anciennes, comme les basaltes, c'est qu'elles ne se sont pas épanchées sur des plans inclinés, mais qu'elles se sont rassemblées dans des bassins où elles ont acquis un niveau constant.

Les cours d'eau qui occupent souvent les vallées dans

Laugier et Gaillard, *Annales du Muséum*, 5e année, n° 12, p. 435.

lesquelles les laves descendent, contribuent aussi à les refroidir; ils finissent par reprendre leur ancien cours, et viennent former des sources à l'extrêmité des courans refroidis, comme on l'observe dans la plupart des volcans éteints.

On ne peut se faire une idée du long espace de temps qui est nécessaire pour le refroidissement complet des laves. M. Poulett Scrop rapporte dans ses ouvrages sur les volcans, qu'il a observé, en 1819, sur les flancs de l'Etna, un courant qui, neuf mois après l'éruption, marchait encore d'environ un mètre chaque jour. M. Elie de Beaumont, dans son voyage récent à l'Etna, a vu les mains de son guide brûlées par le sel ammoniac qu'il récoltait péniblement sur la lave, vingt-deux mois et demi après sa sortie du cratère.

La grande coulée de 1669, qui vint s'amonceler à une grande hauteur au pied des murs de Catane, fumait encore au bout de huit ans. Les coulées qui surgirent, en 1783, au pied de Skaptar-Jekul, en Islande, fumaient encore en 1794, onze ans après l'éruption.

Vers la fin d'octobre 1832, M. Elie de Beaumont vit la grande coulée qui deux ans auparavant (le 28 août) était sortie des flancs du Vésuve et s'était dirigée vers Ottajano; il s'en dégageait un épais nuage, qu'on apercevait du milieu du golfe de Naples, à quatre lieues de distance. Cette fumée continuait encore à la fin de décembre de la même année (1).

On conçoit facilement que la lave puisse conserver si

---

(1) Élie de Beaumont, Recherches sur le mont Etna, *Annales des Mines*, 3e série, t. IX, p. 594.

long-temps une température élevée, lorsqu'elle est réunie en coulées d'une grande épaisseur; les parties extérieures s'opposent au rayonnement intérieur. Il arrive pour ces masses ce qui a lieu pour le refroidissement du globe; il est presque nul maintenant, parce qu'une couche solide assez épaisse s'oppose à l'émission de la chaleur. C'est ce que M. Elie de Beaumont observa sur la lave que nous avons citée plus haut, et qui a de dix à douze mètres d'épaisseur. Depuis vingt-deux mois et demi elle était encore chaude dans l'intérieur, tandis que la lave qui, au mois de mars 1833, c'est-à-dire depuis dix-huit mois seulement, s'était déversée par-dessus les bords du grand cratère, et qui avait environ trois mètres de puissance, était complètement refroidie (1).

Volume des coulées.—La quantité de lave qui s'échappe dans une éruption est quelquefois prodigieuse et effraye l'imagination; mais c'est bien peu de chose, si on la compare à la masse de la terre.

La lave qui sortit du Vésuve en 1737 fut calculée par Serrao à 5 millions environ de mètres cubes.

Breislack, qui a donné une description de l'éruption de 1794 qui détruisit la ville de Torre-del-Greco, a calculé que la lave qui dégorgea alors du Vésuve par deux points différens, avait plus de 11 millions de mètres cubes. Celle de Pariou, en Auvergne, offre un total de 33 millions de mètres cubes, et celle de Gravenoire de 57 millions. Ces masses cependant ne peuvent pas se comparer à celle qui, en 1669, sortit de

(1) Élie de Beaumont, Recherches sur le mont Etna. *Annales des Mines*, t. IX, 601.

l'Etna et coûta la vie à 17,000 personnes à Catane, et à plus de 60,000 dans la Sicile.

Ce volcan couvrit de sa lave un espace de quatorze milles en longueur sur six milles en largeur, par conséquent quatre-vingt-quatre milles carrés de surface. Si on multiplie ce nombre par la hauteur de la masse, on obtient un total qui effraie l'imagination. Un courant a couvert, en 1783, dans l'Islande, une étendue de vingt lieues de long sur quatre. C'est l'exemple le plus remarquable que l'on connaisse, et il prouve bien évidemment qu'une telle masse ne peut provenir que de l'intérieur du globe; car aucune montagne de cette île ne pourrait la contenir dans ses flancs.

Sur quelques phénomènes dépendant des éruptions volcaniques.

Quelques phénomènes autres que ceux que nous venons de décrire accompagnent encore les éruptions volcaniques et modifient plus ou moins les cônes et les cratères qui servent d'issues aux diverses matières dont nous avons parlé. Indépendamment des tremblemens de terre, qui changent quelquefois entièrement l'aspect des montagnes volcaniques, les phénomènes météorologiques ont aussi une action marquée pendant les éruptions. Des décharges électriques se succèdent pour ainsi dire sans interruption, et établissent une communication continue entre le cratère et l'atmosphère. Les vapeurs abondantes qui se dégagent ne tardent pas à se condenser, et retombent en larges gouttes sur la terre qu'elles inondent. Ces pluies rencontrant des sables et des scories vomies par le volcan, les entraînent avec elles, et forment des alluvions instantanées, qui descendent de la montagne sous forme de torrens de boue. En géné-

ral, l'apparition des pluies indique la cessation de la crise, et le volcan reprend ensuite son état de repos habituel.

Il ne faut pas confondre ces petites alluvions boueuses avec ces immenses torrens qui descendent des volcans du Nouveau-Monde et qui rendent en général les éruptions si désastreuses. Rarement c'est par les bords du cratère, mais presque toujours par des crevasses latérales, que sort une boue demi-liquide, dont la quantité est énorme. Ces éruptions fangeuses sont rares en Europe, où les volcans n'atteignent pas une très-grande élévation ; mais, selon M. de Humboldt, elles sont très-communes en Amérique, où ces matières boueuses sont souvent les seules que rejettent les volcans. En effet, les énormes cônes volcaniques de cette partie du monde atteignent une telle élévation, que de vastes amas de neiges se rassemblent sur leur sommet, pendant les intervalles de repos. Ces masses glacées se fondent lorsque les volcans commencent à agir, elles s'épanchent vers les régions inférieures, et produisent des inondations plus désastreuses encore qu'elles ne sont fréquentes. C'est aussi ce qui a lieu pour les volcans d'Islande, mais dans une proportion bien plus faible. Il arrive plus souvent encore que ces éruptions boueuses sont dues aux lacs souterrains, qui se forment dans de vastes cavités, placées tantôt sur la pente, tantôt au pied des volcans, et dont les eaux communiquent de plusieurs manières avec l'intérieur de ces montagnes.

Quand les commotions terrestres qui précèdent toutes les éruptions ignées dans la chaîne des Andes, ont ébranlé fortement toute la masse des volcans, alors les gouffres souterrains s'entr'ouvrent, et il en sort en même temps de l'eau, du tuf argileux, et souvent une énorme quantité de poissons. C'est qui arriva dans la nuit du

19 au 20 juin 1798, lorsque la cime du Carguaraizo, montagne haute de 18 mille pieds, s'écroula : toutes les campagnes environnantes, dans un rayon de deux lieues carrées, furent couvertes de boue et de poissons; sept ans auparavant, une fièvre pernicieuse qui désola la ville d'Iburra avait été attribuée à une semblable éruption de poissons du volcan d'Imbaburù. Le Cotopaxi, le Tunguragua et le Sangay vomissent également des poissons, quelquefois par le cratère qui est au sommet de ces montagnes, quelquefois par les fentes latérales, mais toujours à 2,500 ou 2,600 toises de hauteur au-dessus du niveau de la mer. Quelques Indiens assurent que le poisson vomi par ces volcans descend encore vivant le long du revers de la montagne; mais ce qu'il y a de certain, c'est que parmi la prodigieuse quantité de poissons que rejette le Cotopaxi, avec des torrens d'eau douce et froide, il y en a très-peu qui soient assez défigurés pour faire croire qu'ils aient été exposés à l'action d'une forte chaleur; remarque bien singulière, si l'on fait attention à la mollesse de la chair de ces animaux et à la fumée très-dense que le volcan exhale en même temps. Ces poissons habitent, selon toute apparence, les lacs souterrains qui existent dans la chaîne des Andes. Ils appartiennent du reste à la même espèce que ceux que l'on rencontre dans les ruisseaux au pied même des volcans. Les habitans les nomment Prenadillas; c'est le *Pimelodes Cyclopum*.

Plusieurs volcans du Japon ont aussi des éruptions analogues à ceux de l'Amérique méridionale. Le 18 janvier 1793, à cinq heures six minutes, toute la cime du mont *Unsen*, dans le district de *Djozon* et Gamba-Kori, s'écroula et il en sortit des torrens d'eau bouillante pendant plusieurs jours. Le 1er avril, après un tremblement de terre effroyable, le mont Illigigama,

dans l'île de Kiou-Siou, vomit d'abord une énorme quantité de rochers dans la mer, ce qui fut suivi d'une inondation, et ensuite il sortit de la montagne un torrent d'eau qui fit périr environ 53,000 personnes. Les autres volcans connus du Japon, l'*Asamga-Daki* et le *Bivono-Koubi*, dans l'île de *Nifou*, ont des éruptions analogues aux volcans d'Europe, si ce n'est qu'ils rejettent aussi beaucoup de boue (1).

Quelques éruptions d'Amérique ont aussi donné naissance à une matière riche en charbon, espèce de boue ou de tourbe connue sous le nom de *moya*, et employée comme combustible par les habitans.

Ces diverses éruptions boueuses ne se font pas seulement par le cratère ou par les fentes latérales des volcans, elles ont lieu aussi, suivant M. de Humboldt, par des crevasses de la terre, à la suite de violens ébranlemens. Ainsi, dans les Andes de Quito, le 4 février 1797, un rocher de trachyte s'ouvrit dans les environs de Pésiléo, et couvrit le terrain d'une énorme masse de ce moya dont nous venons de parler. La même matière sortit sous forme de collines coniques près de Rio-Bamba. Pendant le tremblement de terre de Cumana, du 14 septembre 1797, plusieurs crevasses lancèrent de l'eau et du bitume. Dans une plaine qui s'étend vers Cassany, à deux lieues au sud de Cariaco, la terre s'entr'ouvrit, et lança de ses crevasses de l'eau chargée d'acide sulfurique. Pendant le tremblement de terre de Caracas, la terre se fractura près de Valicillo, à quelques lieues de Valence, et lança une si grande quantité d'eau, qu'il s'en forma un nouveau fleuve. On observa

---

(1) *Relations sur le Japon*, par Titsingh, traduit en anglais par F. Shoberl, sous le titre *Illustrat. of Japon*, Lond., 1812.

le même phénomène à Porto-Cabello. A l'ouest de la Sierra-de-Méapice, du bitume fut lancé d'un terrain creux pendant les commotions souterraines qui dévastèrent Cumana.

Nous venons de résumer les différens caractères des éruptions, nous venons d'étudier les volcans dans leurs grandes agitations et leurs violens paroxismes, mais il s'en faut de beaucoup que leur puissante action se manifeste sans discontinuité. Les éruptions n'ont lieu qu'à des époques indéterminées. Quelques-uns restent quelquefois des siècles entiers sans donner aucun signe d'action, puis ils se réveillent tout-à-coup. Selon M. de Humboldt, les éruptions sont d'autant plus rares que les volcans sont plus élevés. Le plus petit d'entr'eux, le Stromboli, est dans une continuelle agitation; son cratère est toujours rempli d'une lave en fusion, qui s'élève jusqu'à ses bords, comme une énorme soufflure, se crève avec une forte explosion, et lance dans les airs une partie de la matière fondue, de la fumée et des cendres. Peu à peu la lave s'affaisse et redescend, pour remonter comme auparavant, après un demi-quart d'heure d'intervalle. Les éruptions du Vésuve sont fréquentes, celles de l'Etna sont plus rares; celles du pic de Ténériffe le sont encore davantage Les cimes colossales des Andes, le Tunguragua, le Cotopaxi, le Sangay, etc., offrent à peine une éruption dans l'espace d'un siècle (1).

Beaucoup de volcans brûlent depuis un temps immémorial, en conservant toujours la même énergie. Le Vésuve et l'Etna ont eu des éruptions dans les temps les plus reculés. Avant l'ère chrétienne, le Vésuve paraît avoir été long-temps en repos; on avait cependant con-

---

(1) Humboldt, *Relation historique*, t. I.

servé la mémoire de ses anciens embrasemens. Plusieurs auteurs anciens, notamment Strabon et Diodore de Sicile, parlent du Vésuve comme ayant jeté des flammes à des époques inconnues pour eux. On regarde communément comme la plus ancienne de ses éruptions connues, celle qui arriva le 24 août de l'année 79 de l'ère chrétienne, deux mois après la mort de Vespasien; celle enfin, qui fut cause de la mort de Pline le Naturaliste, et qui ensevelit le même jour Herculanum, Pompeïa et Stabia. A cette époque, de grands arbres croissaient dans le cratère du Vésuve, et depuis lors près de quarante éruptions se sont succédées. Les premiers embrasemens connus du Vésuve ne produisirent que des cendres et des scories incohérentes. Ce fut dans l'éruption de 1037 qu'il en sortit de la lave pour la première fois, et c'est sur ce courant de laves qu'est bâti le château royal de Portici (1).

La durée des éruptions varie singulièrement. Tantôt elles ne durent que quelques minutes, et sont alors très-fréquentes : telles sont les simples éruptions de cendres et de pouzzolanes qui ont lieu au Vésuve et à l'Etna; tels sont encore les élancemens périodiques de Stromboli. D'autres fois elles durent quelques heures, comme celles de l'Awatscha au Kamtschatka, qui en 1737, continua pendant 24 heures. Plus habituellement elles persistent pendant plusieurs jours : telles sont celles du Vésuve et de l'Etna; ou pendant plusieurs mois, comme dans l'île de Ténériffe. Plus rarement elles durent des années entières, quoique cela arrive au Cotopaxi, au Ganung-Api, dans les Moluques et dans les volcans de l'Islande.

---

(1) Girardin, p. 77.

Ordinairement après les grandes éruptions, la montagne ne fait plus qu'émettre un dégagement très-lent et paisible de vapeurs peu abondantes mais corrosives. Ces vapeurs, qui sortent en différens endroits du cône, s'observent aussi dans les volcans qui sont depuis longtemps en repos ou qui s'éteignent tout-à-fait. C'est ce qu'on appelle *solfatare* ou *fumarole*. Les Champs Phlégréens, sur la côte de Pouzzole, dans le royaume de Naples, où l'on voit les restes d'un ancien volcan ayant actuellement l'aspect d'une plaine, présentent des milliers de ces fumaroles. Ces dernières émanations de l'action volcanique offrent en général une composition compliquée. On y trouve de l'eau, de l'acide sulfureux, des acides sulfurique et hydrochlorique, du soufre en abondance, de l'hydrogène qui peut-être a dissout le soufre, et l'abandonne comme l'acide sulfureux, pour unir l'oxigène et l'hydrogène qu'ils contiennent. De nombreux produits se déposent sur les fissures des roches qui composent les parois du cratère, et nulle part les réactions chimiques ne sont plus abondantes et plus variées (1).

---

(1) Girardin, p. 78.

CHAPITRE VINGT-QUATRIÈME.

DE LA DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE

DES VOLCANS

ET DE LEURS CARACTÈRES PARTICULIERS.

Les bouches volcaniques ne sont pas disséminées au hasard à la surface du globe, et l'on conçoit en effet que le feu central, en cherchant à se faire jour au-dehors, a dû percer la croûte de la terre aux points où elle offrait le moins de résistance et où des causes particulières rendaient plus facile l'émission des gaz et des autres matières.

Le nombre des volcans connus sur toute la terre s'élève à environ 300. Les uns sont en pleine activité; les autres semblent s'éteindre, mais reprendront peut-être par la suite une force et une activité nouvelles. On connaît en outre un très-grand nombre de volcans complètement éteints, et qui, selon toute apparence, ne se rallumeront jamais. Ils sont dispersés dans toutes les parties du monde et nous prouvent que les feux volcaniques ont été plus intenses autrefois que de nos jours.

Ces trois cents volcans sont inégalement placés dans les îles et les continens, ainsi qu'on peut le voir par le tableau suivant tiré de l'ouvrage de M. Girardin.

Nombre des Volcans actifs et des Solfatares, dans les cinq parties du monde.

PARTIES DU MONDE.	SUR LES CONTINENS.	DANS LES ÎLES.	TOTAL.
Europe.....	4	20	24
Afrique.....	2	9	11
Asie.....	17	29	46
Amérique.....	86	28	114
Océanie.....	»	108	108
Totaux....	109	194	303

On voit que ceux qui sont situés dans les îles sont aux autres comme le nombre 2 est à 1, à très-peu près; mais si ensuite nous examinons la position de ceux qui brûlent sur le continent, nous remarquerons que la plupart d'entre eux sont placés sur les bords de la mer, ensuite qu'il n'y a qu'un très-petit nombre de montagnes ignivomes qui soient réellement éloignées des côtes; mais ce petit nombre suffit pour prouver que l'eau de la mer n'est pas, comme on l'avait pensé, la cause première des éruptions volcaniques. Elle peut bien avoir une influence marquée sur ces phénomènes; mais ce qui détermine cette position remarquable est probablement la ligne de fracture qui limite les continens soulevés au-dessus de la mer. La moindre résistance de

cette ligne apporte moins d'obstacles aux fluides élastiques et à l'issue des matières fondues qui s'échappent de l'intérieur. Il est bien plus difficile à la matière de se frayer une issue au milieu d'un continent, parce que, dans une telle position il se présente rarement un concours de circonstances assez favorables pour permettre une communication permanente entre l'intérieur du globe et l'atmosphère.

Le célèbre géologue L. de Buch fait remarquer que tous les volcans de la terre peuvent être rangés en deux classes essentiellement différentes : les *volcans centraux* et les *chaînes volcaniques*. Les premiers forment toujours le centre d'un grand nombre d'éruptions qui ont lieu autour d'eux dans tous les sens, d'une manière presque régulière, tandis que les seconds sont ordinairement peu éloignés les uns des autres, mais alignés dans une même direction, « comme les cheminées d'une grande faille. » Et probablement, ajoute M. de Buch, ils ne sont rien autre chose.

Le nombre des volcans alignés varie beaucoup, ainsi que celui des volcans groupés autour d'un centre. Ils forment les uns et les autres des systèmes particuliers qui présentent des phénomènes communs, sauf quelques exceptions locales. On pourrait, au besoin, considérer chaque système comme un seul volcan dont les bouches, plus ou moins nombreuses, s'alignent dans une même direction ou s'ouvrent tout autour d'un centre.

« En Europe et en Asie, autant que l'intérieur de ce dernier continent a été reconnu, aucun volcan actif n'est situé dans une chaîne de montagne. Tous, dit M. de Humboldt, en sont plus ou moins éloignés. Dans le Nouveau-Monde, au contraire (et ce fait mérite la plus grande attention), les volcans les plus imposans par leurs masses font partie des Cordillères mêmes. Les

montagnes de schiste micacé et de gneiss du Pérou et de la Nouvelle-Grenade touchent immédiatement aux porphyres volcaniques des provinces de Quito et de Pasto. Au sud et au nord de ces contrées, dans le Chili et dans le royaume de Guatimala, les volcans sont groupés par rangées. Ils continuent, pour ainsi dire, la chaîne des roches primitives; et si le feu volcanique s'est fait jour dans une plaine éloignée des Cordillères, comme dans le Sangay et le Jorullo, on doit regarder ce phénomène comme une exception à la loi que la nature semble s'être imposée dans ces régions (1). »

Un fait bien remarquable, c'est qu'il existe en Europe des volcans alignés comme ceux des Cordillères; ils sont communs dans toute la France centrale; mais ils sont éteints depuis long-temps, tandis que la plupart des volcans centraux y sont en activité. En Amérique, les volcans alignés brûlent encore, et peut-être offriront-ils par la suite, comme ceux d'Europe, des séries de volcans éteints, pendant que des volcans centraux et groupés comme l'Etna et le Vésuve prendront place parmi les montagnes ignivomes de ce nouveau continent, que l'intensité des forces encore agissantes pourraient nous permettre de considérer comme moins vieux que le nôtre, ou comme séparé par une croûte plus mince de la masse incandescente de la terre.

M. de Buch regarde les volcans alignés comme sortant de grandes failles qui peuvent appartenir à une chaîne de montagnes sous-marines, et alors les volcans s'élèvent sous la forme d'îles régulièrement disposées, ou à une chaîne continentale au-dessus de laquelle ils forment les sommets les plus élevés. Ces deux sortes

---

(1) Humboldt, *Voyage aux régions équinoxiales*, t. I, p. 325.

de volcans en série diffèrent peu les uns des autres dans leur composition et leurs produits. Ce sont, à peu d'exceptions près, des montagnes trachytiques, et leurs produits divers participent plus ou moins de la nature de ces roches.

Mais si les matières qui cherchent à percer la croûte du globe ne rencontrent aucune faille qui puisse faciliter leur sortie, ou lorsque la résistance que les roches préexistantes opposent à la fracture est trop considérable, « l'action volcanique, ainsi comprimée en dessous de la croûte du globe, s'accroît et augmente d'intensité jusqu'à ce qu'elle soit capable de vaincre cette résistance et de briser les masses qui lui font obstacle. Il se forme alors une nouvelle fissure qui, lorsqu'elle est assez considérable, établit une communication permanente de l'intérieur de la terre avec l'extérieur. Il s'est produit alors un volcan central (1). »

Prenant pour guide le beau travail géographique de M. de Buch et empruntant à M. Lyell quelques descriptions de détails, nous allons passer en revue très-succintement les principaux volcans du globe et donner une idée de quelques-unes de leurs éruptions.

Nous adopterons, dans cette revue, les divisions naturelles proposées par M. de Buch et l'ordre dans lequel il a classé lui-même les volcans qui appartiennent à ces deux grandes séries.

---

(1) De Buch, *Description physique des îles Canaries, suivies d'une indication des principaux volcans du globe*, traduit par C. Boulanger, p. 325.

BOUCHES VOLCANIQUES CENTRALES.

Etna.—Ce volcan, connu sous le nom de Mont-Gibel, est le plus remarquable des volcans centraux par son étendue et sa hauteur. Sa forme est celle d'un dôme légèrement aplati au sommet. Il termine une chaîne de montagnes granitiques qui de la Calabre passe en Sicile, sépare Messine des Côtes-du-Nord et se termine à Taormina. De l'autre côté, on le croirait placé, dit M. de Buch, à l'extrêmité d'une immense faille ou crevasse qui parcourt la Sicile du sud-ouest au nord-est. Les roches de l'Etna ont pour base le feldspath labrador et le pyroxène qui se mélangent dans des proportions différentes et constituent une sorte de dolérite. On n'y a jamais rencontré ni ponces ni obsidienne. Sur un des flancs de l'Etna existe une profonde vallée connue sous le nom de *Val-di-Bove*. M. de Buch la considère comme un affaissement du flanc du volcan, et quoique considérable, il n'altère pas sensiblement sa forme. L'intérieur des couches, mis à découvert sur les escarpemens, est traversé par une grande quantité de filons qui doivent vraisemblablement leur origine à des phénomènes volcaniques antérieurs à l'action du volcan même.

La force volcanique de l'Etna est telle que plusieurs coulées ont été élevées jusque dans le grand cratère et se sont épanchées par-dessus ses bords. D'autres éruptions, en grand nombre, se sont fait jour à la hauteur de plus de 9,000 pieds autour du dernier cône du volcan. Sans compter les nombreux monticules de cendres qui sont jetés sur différens points, il y a environ 80 cônes secondaires dont quelques-uns atteignent des dimensions considérables. Celui que l'on nomme *Minardo*, près de Bronte, atteint environ 700 pieds, et les Monti-

Rossi, formés en 1669, près de Nicolosi, ont 450 pieds de hauteur et 2,000 de circonférence à leur base. Cependant ces cônes ne sont que de seconde grandeur parmi ceux qui ont été produits par l'Etna. Ils offrent tous une grande variété de formes, et il semblerait que la longue série des puys à cratères de l'Auvergne aient été rassemblés et groupés sur le flanc du vaste cône qui nous occupe. On remarque cependant qu'ils ne forment pas une ceinture complète autour de la montagne à laquelle ils sont subordonnés; 52 sont à l'est ou au nord et 27 à l'est de l'Etna; il n'y en a pas vers les bords de la mer dans les parties où la base de la montagne commence à se perdre. Les cônes d'éruption qui entourent Nicolosi, encore élevés de 2,286 pieds au-dessus de la surface de l'eau, paraissent être les plus bas que l'on puisse citer autour de l'Etna. D'où l'on pourrait conclure que la masse solide de l'intérieur du volcan est encore assez forte pour opposer une résistance suffisante aux fluides élastiques, et que ceux-ci ne peuvent réussir à faire crever la montagne pour donner une issue aux courans de lave qu'à une hauteur déjà très-considérable.

Les observations de M. Gemellaro ont démontré que toutes ces éruptions de la partie moyenne de l'Etna ont lieu sur des fentes dont la direction prolongée irait passer par le centre du grand cratère, en sorte que le massif de l'Etna serait étoilé en différens sens, et les cônes parasites s'élèveraient sur ces fissures comme les cônes gigantesques de l'Amérique sur la crête des Andes.

L'Etna est considéré depuis les temps les plus anciens comme un volcan actif; cependant ses éruptions sont moins fréquentes que celles du Vésuve. Une des plus célèbres est celle de 1669. Un tremblement de terre venait de renverser la ville de Nicolosi, lorsque deux

gouffres s'ouvrirent près de cette ville et lancèrent le sable et les scories en si grande quantité, que trois mois après les Monti-Rossi furent formés. Près de là, dans la plaine de Saint-Lio, se présenta en même temps un phénomène fort extraordinaire; une fissure de 6 pieds de large sur une profondeur inconnue s'ouvrit avec un fort craquement et s'avança en serpentant jusqu'à un mille du sommet de l'Etna. Sa direction était du nord au sud et sa longueur d'environ 12 milles. Elle jetait une lumière très-vive. Cinq fissures parallèles et d'une longueur considérable s'ouvrirent ensuite l'une après l'autre, jetèrent de la fumée et firent entendre des mugissemens qui se propagèrent jusqu'à la distance de 40 milles.

M. Lyell pense qu'on peut trouver dans la formation de ces fissures l'explication de ces filons ou dikes verticaux, si communs dans les masses de l'Etna et de plusieurs autres volcans; car la lumière jetée par la grande crevasse de Saint-Lio paraît indiquer qu'elle était remplie jusqu'à une certaine élévation par de la lave incandescente; et probablement jusqu'à la hauteur d'un orifice qui s'ouvrit dans ce temps non loin des Monti-Rossi, et vomit un torrent de lave. Cette dernière atteignit bientôt un cône inférieur appelé Mompilière, à la base duquel elle entra dans une grotte souterraine communiquant avec une série de cavernes qui sont fréquentes dans les laves de l'Etna. Là, elle paraît avoir fondu quelques-uns des fondemens voûtés de la colline; car elle fut légèrement déprimée et traversée par de nombreuses crevasses. La lave, après avoir inondé 14 villes et villages, arriva enfin aux murs de Catane; ceux-ci avaient été élevés exprès pour protéger la ville; mais le déluge brûlant s'accumula jusqu'à ce qu'il eut atteint le sommet du rempart, qui

avait 60 pieds de haut ; il se précipita ensuite en cascade enflammée et engloutit une partie de la ville. Le mur cependant ne fut pas renversé ; il fut découvert long-temps après, en creusant le roc, par le prince Biscari, de sorte que le voyageur peut maintenant voir la lave solide bouillonner sur le haut du rempart, comme si elle tombait encore. »

« Un habitant de Catane, nommé Pappalardo, désirant garantir la ville de l'approche de ce torrent menaçant, sortit avec 50 hommes qu'il avait habillés de peaux pour les garantir de la trop forte chaleur, et armés de leviers et de crochets, ils rompirent un des murs solides qui flanquait le courant près le Belpasso, et il en sortit aussitôt un petit ruisseau de matière en fusion, qui prit la direction de Paterno ; mais les habitans de cette ville, alarmés pour leur sûreté, prirent les armes et arrêtèrent toute opération ultérieure. »

« En 1766, un individu était monté sur une petite colline formée d'anciennes matières volcaniques, pour contempler l'approche lente et graduelle d'un torrent embrasé de deux milles et demi de large, lorsque deux filets de matière liquide, sortant d'une crevasse, se détachèrent du courant principal et s'avancèrent rapidement vers la colline. Lui et son guide avaient à peine eu le temps de s'échapper, lorsqu'ils virent la colline, qui avait 50 pieds de haut, entourée, et au bout d'un quart-d'heure fondue dans la masse brûlante et coulant avec elle. »

« En 1811, il paraît, d'après la relation de M. Gemellaro, qui fut témoin du phénomène que le grand cratère fit voir par ses violentes détonnations, que la lave avait monté près du sommet de la montagne par son conduit central. Un choc violent se fit alors sentir, et un torrent sortit des flancs du cône, à peu de distance

du sommet; peu après qu'il eut cessé de couler, un second courant se fit jour, mais beaucoup plus bas que le premier; ensuite un troisième, encore plus bas, et ainsi jusqu'à sept, qui étaient placés en dessous en droite ligne. On a supposé que cette ligne était une fente perpendiculaire dans la charpente intérieure de la montagne, et que cette fente n'avait pas été formée tout-à-coup, mais avait été prolongée du haut en bas par la pression latérale et la chaleur intense de la colonne de lave intérieure, à mesure qu'elle diminuait par l'écoulement graduel qui avait lieu à chaque issue. »

» En 1819, trois grandes bouches ou cavernes s'ouvrirent près de celles qui avaient été formées en 1811, et lancèrent avec de grandes explosions des flammes, des cendres rouges et du sable. Quelques minutes après, il s'ouvrit en dessous une autre bouche d'où sortirent des flammes et de la fumée, et finalement une cinquième d'où s'écoula un torrent de lave, qui se répandit sur la vallée del Bove. Ce courant parcourut deux milles dans les premières vingt-quatre heures, et presqu'autant dans le jour et la nuit qui suivirent. Les trois bouches se réunirent en un vaste cratère qui vomit de la lave ainsi que les quatre bouches inférieures, de sorte qu'un énorme torrent se répandit dans la vallée del Bove. Lorsqu'il arriva à un grand précipice presque perpendiculaire, à la tête de la vallée de Calannas, il se précipita en cascade, et se trouvant durci pendant sa chute, il produisait un craquement inconcevable à mesure qu'il venait se briser au fond. Une colonne de poussière formée par la calcination de la colline tuffacée sur laquelle la masse endurcie descendait, fit que les Cataniens furent grandement alarmés de la possibilité qu'une éruption plus violente que celle du sommet eût lieu dans la région boisée. »

» Une effroyable éruption de l'Etna a eu lieu le 16 mai 1830. Sept bouches se sont ouvertes sur le penchant de la montagne; plusieurs villages, on en cite huit, qui jusqu'alors avaient toujours échappé aux ravages de la lave, ont été complètement détruits. Toutes les habitations ont disparu sous des monceaux de pierres calcinées et de cendres rougeâtres projetées au loin dans les campagnes. Quoique d'épouvantables détonnations eussent annoncé la catastrophe, les habitans étaient restés paisibles, rassurés par l'éloignement qui jusqu'alors les avait préservés d'un semblable désastre; aussi beaucoup d'hommes et de bestiaux ont-ils péri. Ce n'est qu'après l'expiration du huitième jour qui a suivi ce désastre, qu'on a pu s'approcher pour porter secours aux malheureux incendiés; mais les recherches que l'on a faites ont été infructueuses. Jamais calamité n'a été plus terrible, plus imprévue, plus générale.

» Les côtes de la Calabre et toutes les parties de l'Italie placées sous le vent qui soufflait dans cette nuit désastreuse, ont été couvertes d'une poussière rougeâtre, à peu près semblable à celle sous laquelle les terres voisines de l'Etna ont été ensevelies. On avait attribué comme une conséquence naturelle la présence de cette poussière à cette éruption; mais des lettres de Palerme donnent l'explication du second phenomène, observé d'ailleurs dans toute l'Italie. Comme elle était tombée en plus grande partie encore dans les districts méridionaux de la Sicile, et qu'elle avait été apportée par un vent du midi, elle ne pouvait pas provenir de l'éruption de l'Etna; et l'analyse qui en a été faite ne permet pas de l'assimiler aux cendres volcaniques. Une poussière semblable tomba en Sicile, dans les années 1807 et 1813, et l'on sut qu'à ces deux époques des ouragans terribles, soulevés dans les déserts de l'Afrique, avaient élevé des

trombes de sable, qui, poussées par le Sirocco, et traversant la mer, étaient venues fondre sur la Sicile et l'Italie. Des rapports détaillés annoncent qu'une caravane entière a péri, vers le milieu de mai, ensevelie sous des montagnes de sable, au Désert. Il est donc probable que la poussière rougeâtre tombée en Italie a été transportée des plaines de l'Afrique par un vent impétueux du S.-E. qui l'a poussée jusqu'au delà de la Méditerranée (1) ».

Nous ne rapporterons pas un plus grand nombre d'exemples des éruptions de l'Etna. Les anciennes chroniques et les journaux scientifiques donnent des détails plus ou moins circonstanciés sur plus de 80 éruptions de ce gigantesque volcan. La plupart de ces éruptions se sont faites par les flancs; le nombre de celles qui sont sorties par le cratère est peu considérable. Cependant ce vaste soupirail a souvent changé de formes et de dimensions. Plusieurs fois le cône principal est tombé en dedans et s'est reformé. En 1444, il avait 320 pieds de haut, et il tomba après les tremblemens de terre de 1537. En 1693, lorsqu'un violent tremblement de terre renversa toute la Sicile, et fit périr 60,000 personnes, le cône perdit une si grande partie de sa hauteur, dit Boccone, qu'on ne pouvait plus l'apercevoir de différens endroits du Valdemona, d'où on le voyait précédemment. Depuis lors le cône s'est élevé et abaissé plusieurs fois. Il était assez considérable en 1832, lorsqu'une violente secousse, qui arriva au mois de novembre, l'engloutit dans les abîmes intérieurs de la montagne; en sorte que le grand cratère ne présente qu'un amas de ruines et d'éboulemens. Il y avait cependant

(1) *Bulletin de la Société de Géographie*, t. XIII, n° 86, juin 1830, p. 307.

en septembre 1834, lorsque M. de Beaumont visita l'Etna avec M. de Buch et plusieurs autres savans, un petit cratère actif qui forme le point culminant de la montagne.

« Ce fut pour nous tous un moment de surprise assez » difficile à dépeindre, dit M. Elie de Beaumont, quand » nous nous trouvâmes à l'improviste, non au bord du » grand cratère, mais au bord d'un gouffre presque cir- » culaire d'environ 80 à 100 mètres de diamètre, qui » ne touche au grand cratère que par une petite partie » de sa circonférence. Ce gouffre occupe exactement » la place de la cime dont M. W. Smyth et M. John » Herschell ont mesuré la hauteur. Nos regards plon- » geaient avidement dans cet entonnoir presque cy- » lindrique, mais c'était en vain qu'ils y cherchaient » le secret de la volcanicité : les assises à peu près ho- » rizontales qui se dessinaient dans les escarpemens » presque verticaux, ne nous révélaient que la struc- » ture du cône supérieur. En cherchant à les compter les » unes au-dessous des autres, on les voyait se perdre peu » à peu dans l'obscurité complète du fond. Aucun bruit » ne sortait de ce fond ténébreux; il ne s'en exhalait » que des vapeurs blanchâtres, légèrement sulfureuses, » formées principalement de vapeur d'eau. L'aspect » lugubre de ce gouffre noir et silencieux, dans lequel » nos regards se perdaient; ses flancs obscurs et hu- » mides, le long desquels serpentaient d'une manière » languissante et monotone de longs flocons de vapeur » d'une teinte grise et mélancolique ; le grand cratère » auquel se rattache le gouffre étroit, et dans lequel » l'entassement confus de matières diversement colo- » rées en jaune, en gris, en rouge, semblait l'image » du chaos, tout présentait autour de nous un aspect » funèbre et sépulcral. Le froid du matin, secondé

» par un vent léger du N. E., augmentait encore pour
» nous cette impression triste et sauvage (1). »

Iles Lipari. — Plusieurs îles volcaniques composent le groupe des Eoliennes. Il semble qu'il y ait là deux centres d'actions volcaniques, Volcano et Stromboli; mais ce dernier paraît plus actif, et peut être considéré comme le volcan central de ce groupe. La forme de son cône est régulière et bien déterminée; il s'élève beaucoup au-dessus des autres îles, et dégage continuellement des matières gazeuses, qui s'en échappent assez régulièrement tous les demi-quarts d'heure, et dont les accès n'éprouvent d'irrégularité que par l'influence de l'atmosphère. Ce volcan est connu de toute antiquité; ses fréquentes et brillantes éruptions lui on fait donner le nom de *Phare de la Méditerranée*.

Les îles Lipari sont composées de trachytes ou de roches trachytiques diversement altérées par les phénomènes volcaniques. C'est toujours le feldspath qui en fait la base. On y trouve des obsidiennes remarquables que d'abondantes émissions de ponces ont très-probablement précédées. Stromboli est l'extrêmité d'une chaîne ou faille trachytique, qui commence à Volcano et qui, à Lipari, se divise en deux branches, dont la plus occidentale s'étend sur Salinas, Filicudi et Alicudi, et se termine à Ustica.

Selon M. Hoffmann, il paraît qu'il s'effectue dans l'intérieur du Stromboli un développement continuel de substances gazeuses qui s'accumulent lentement jusqu'à ce qu'elles soient en état de forcer la pression de l'atmosphère. Des gerbes de blocs luisans et rouges et

---

(1) Élie de Beaumont, Recherches sur l'Etna, *Annales des Mines*, 3e série, t. IX, p. 196.

des masses fluides de laves qui débordent, suivent cette éruption gazeuse. On est surpris, dit M. de Buch, de voir que la pression atmosphérique puisse exercer une si grande influence sur ces phénomènes; on doit l'être bien plus encore qu'une différence dans la hauteur du baromètre puisse être appréciée par la nature et la vîtesse des ballons qui se dégagent de ce grand laboratoire intérieur. Mais, depuis des siècles, les marins ont jugé de la direction du vent d'après la vîtesse et l'intensité des gerbes de feu que le volcan lance dans l'atmosphère. Le vent du sud-ouest, qui déprime la colonne barométrique, fait succéder les éruptions avec vîtesse, et leur donne une splendeur qui surpasse de beaucoup ce qu'on observe, tant que les vents du côté du nord ou de l'est continuent à souffler. Ce fait est tellement connu des marins, que celui qui en douterait exciterait autant de surprise que celui qui voudrait contester le plus simple des mouvemens réguliers de la journée (1).

Vésuve. — Le Vésuve est le seul volcan appartenant au continent européen qui ait de véritables éruptions. C'est évidemment le volcan central autour duquel viennent se grouper tous ceux des Champs Phlégréens, quoique très-probablement ces petits volcans n'aient pas de rapport bien direct avec lui. La roche qui le compose, ainsi que celle du mont Somma, est évidemment pyroxénique, mais elle est caractérisée par la présence d'une grande quantité de leucite, dont les cristaux sont peu volumineux dans les laves du Vésuve, tandis qu'ils sont, au contraire, assez gros dans la roche de la Somma. Cette dernière montagne entoure en partie le Vésuve, et s'oppose par la puissance de ses assises

(1) L. de Buch, *Description des Canaries*, p. 336.

redressées à ce que la lave du volcan puisse la percer et se faire jour de ce côté, en sorte que les éruptions de lave ont toujours lieu du côté de la mer, où le même obstacle ne peut se faire sentir, parce que le Vésuve est né vraisemblablement sur l'échancrure que la Somma présentait de ce côté. Le cône du Vésuve a long-temps dominé la crète du mont Somma; mais loin d'augmenter et de s'élever par les éruptions diverses qui se sont succédées, il s'est au contraire abaissé. Ainsi, autrefois, les bords du cratère, ceux du côté de la mer, comme ceux du côté de la Somma, s'élevaient à la même hauteur, et se trouvaient au niveau du *Rocca del Palo*, qui est la plus haute sommité actuelle de ce cratère. Chaque éruption a enlevé une portion de cette création, qui, en 1834, se trouvait réduite à un seul pic de peu d'étendue, qui probablement disparaîtra à son tour, en sorte que la cime du Vésuve, d'abord plus haute que la crête de la Somma, s'abaissera au-dessous de son niveau. Sa hauteur actuelle, d'après M. Oltmans, est de 3,751 pieds. Saussure n'a presque pas trouvé de différence entre la hauteur des deux bords opposés du cratère. La différence n'est devenue sensible que depuis la grande éruption de 1794. Cette différence est à peu près de 492 pieds.

Il se forme assez souvent dans l'intérieur des volcans des cônes qui s'élèvent du fond des cratères, et servent de cheminée aux matières gazeuses et pulvérulentes. Un semblable cône se formait en 1822 dans le cratère du Vésuve, et s'éleva tellement que sa hauteur surpassait celle du Palo. Il s'écroula la même année au mois d'octobre, et ce ne fut que six ans après, en 1828, qu'on en vit paraître un autre, mais moins élevé, puisqu'il restait toujours de 138 pieds au-dessous de la cime du Palo. Ce cône, dit M. de Buch, était entouré par

les murs du Palo, comme le Vésuve l'est lui-même par les escarpemens de la Somma. Lors de la création de ce cône, il était sans ouverture, et il ne s'y est formé un cratère qu'un an après son apparition; tout a disparu pendant l'éruption de 1834.

Les parois du cratère du Vésuve offrent les traces d'un grand nombre de couches de lave, qui se sont ensuite écoulées en laissant une bande de matières fondues adhérentes aux scories. Quelquefois même des masses de lave se sont refroidies assez tranquillement et assez horizontalement pour offrir d'une manière très-régulière les formes prismatiques qui caractérisent les basaltes.

On ignore l'époque des premières éruptions du Vésuve, et depuis les temps historiques on en compte un grand nombre. M. Huot, dans l'article Vésuve de l'*Encyclopédie méthodique*, en cite cinquante-trois jusqu'à l'année 1830, inclusivement. (*Fig.* XXVII *bis.*)

La première de ces éruptions, ou du moins la plus ancienne dont l'histoire ait conservé le souvenir, est celle de l'an 79, dont les détails sont connus par la lettre de Pline le jeune, dans laquelle il rapporte la mort de son oncle. Il paraît qu'aucune coulée de lave n'est sortie du volcan à cette époque; mais le Vésuve répandit alors une immense quantité de matières pulvérulentes, sous lesquelles Herculanum et Pompeïa furent ensevelies. M. de Buch pense que cette éruption est la première qui se soit faite sur le mont Somma, et que le Vésuve actuel n'est qu'un reste de cette première création, qui s'écroule à chaque éruption nouvelle. Il croit qu'une partie du mont Somma fut alors brisée et dispersée par la force des émanations gazeuses, et que la couche de ponce qui, mêlée avec les produits de la Somma, couvre aujourd'hui la ville de Pompeïa, provient de la croûte

sous laquelle le volcan s'est fait jour et dont il a disséminé les fragmens.

Il paraît que les premières éruptions ne donnèrent que des matières pulvérulentes; mais en 1036 il sortit une coulée de lave sur laquelle est maintenant bâti le château royal de Portici. En 1500, le Vésuve lança encore des cendres en abondance; mais il paraît qu'il resta dans un repos absolu jusqu'au 16 décembre 1631, époque à laquelle il se ralluma tout-à-coup. « Le cratère, dit Bracini, avait alors 5 milles de circonférence, et environ mille pas de profondeur. Ses côtés étaient couverts de taillis, et au fond était une plaine sur laquelle paissait le bétail. Dans les parties boisées les sangliers sauvages faisaient leur demeure. Dans une partie de la plaine couverte de cendres, il y avait trois petits étangs : l'un rempli d'eau chaude et amère; un autre plein d'eau plus salée; et enfin, le troisième d'eau chaude, mais sans goût. Cependant à la fin, ces forêts, ces plaines tourbeuses furent soudainement consumées et lancées en l'air, et leurs cendres jetées au vent. Sept torrens de lave coulèrent à la fois du cratère et submergèrent plusieurs villages; de grands déluges de boue furent aussi destructifs que la lave elle-même. Le 27 février 1730, le cratère du Vésuve s'était élevé, par l'abondance des matières, au point que son sommet était uni comme une plaine. Le 15 mai 1737, il sortit un courant de lave que F. Ferrao trouva de 1,479,896 toises cubes. Le 2 décembre 1754, des blocs de lave, de 12 pieds de diamètre, furent lancés par le cratère. L'éruption de 1766 dura neuf mois, et la lave forma un grand lac de matières fondues. L'aspect du cratère était remarquable; il offrait au centre une butte conique semblable à celles que nous avons déjà décrites. Elle ressemblait à une haute cheminée, de laquelle s'échap-

paient des gaz et des gerbes de scories. De la base on voyait sortir des matières en fusion, qui se répandaient lentement sur le fond assez uni du véritable cratère. Hamilton, qui atteignit le sommet de ce monticule, dit qu'en y jetant de grosses pierres, on entendait qu'elles éprouvaient des obstacles, et que c'était après plus de cent ricochets qu'elles atteignaient le fond, ou du moins qu'elles s'arrêtaient. L'éruption de 1767 fut remarquable par la grande quantité de lave qui sortit du volcan, et le Vésuve, loin de diminuer de hauteur, s'éleva pendant cette éruption de 185 pieds. Le 20 octobre, la lave s'ouvrit une issue à cent pas au-dessous de l'ancien cratère. Dans la secousse du 29 juillet 1779, des colonnes de feu montèrent à une prodigieuse élévation. Un grand morceau du cratère s'écroula et fut ensuite dispersé dans les airs. M. de Buch assista à l'éruption de 1805, et il observa un courant qui parcourut en trois heures une étendue de 7,000 mètres. Dans ces derniers temps, des éruptions eurent lieu en 1819, 1821, 1822, 1828 et 1830.

Islande. — Cette île, que l'on peut rapporter à l'Europe ou à l'Amérique, contient un grand nombre de bouches volcaniques, puisque Ebenezer Henderson en porte le nombre à vingt-neuf; mais elles ne sont pas toutes constamment ouvertes. Elles sont généralement situées sur une large bande trachytique, qui traverse l'île du sud-ouest au nord-est; elle est sillonnée dans toute les directions par d'immenses crevasses, et recouverte de masses de laves tellement étendues en longueur et en largeur, que l'on n'en trouve d'aussi considérables dans aucune contrée volcanique. Il n'y a cependant qu'un petit nombre de bouches volcaniques qui soient en communication permanente avec l'intérieur, et que l'on puisse considérer comme de véritables

volcans. Telles sont, au nord, celles de Krabla, Leirhnukur, Trolladyugur; au sud l'Hekla, Eyafiall et Kottigia, et enfin à l'est, Orofa Jockul.

Les laves de l'Islande contiennent du feldspath et pas de pyroxène. On y rencontre des ponces et des obsidiennes. « La bande trachytique principale est d'une forme très-remarquable. Ses bords de part et d'autre sont formés de dômes arrondis trachytiques qui suivent tous la direction générale, et qui se maintiennent à une hauteur de 5,000 pieds d'une mer à l'autre. On pourrait les regarder, dit M. Krug de Nidda, comme formant deux immenses bourrelets qui encaissent une vallée profonde au milieu; en s'élevant à des considérations d'un autre ordre, on peut se représenter cette bande comme une immense voûte de trachyte analogue à la vallée de Quito, qui aurait percé les couches de basalte et d'amygdaloïde, mais dont la partie moyenne trop élargie s'est affaissée sur elle-même et est retombée dans l'abîme. C'est précisément à cette vallée du milieu que se trouvent limités tous les phénomènes d'une action volcanique continue; c'est là qu'on rencontre les fontaines d'eau bouillante, le Geiser, le Strock, etc. C'est là qu'on trouve les solfatares, les sources acidules, les dépôts de soufre. Rien de tout ceci n'est visible du côté basaltique des bourrelets, et moins encore dans la partie basaltique même. Plusieurs de ces dômes de trachyte peuvent être regardés comme des cheminées par lesquelles une communication de l'intérieur avec l'atmosphère est constamment maintenue. Tels sont l'Oestre Jockul ou Eyafiall, dont la belle forme en cloche frappe tous les observateurs, et suffirait seule pour réfuter l'opinion qu'un pareil volcan pourrait être le résultat de l'accumulation de courans de lave superposés; le Katlogiau, connu par

ses éruptions en 1755; le Sida Jockul, enfin, l'Orofa Jockul, la plus haute montagne qu'on ait observée. Tous ces volcans se trouvent à peu près dans le même alignement, qui est celui de toute la bande elle-même, et tous sont situés vers son bord oriental. Dans le nord, on trouve principalement le Krabla et le Leirhnukur, qu'on doit regarder comme des communications permanentes, par conséquent comme de vrais volcans et non comme des éruptions particulières. La plupart de ces volcans n'ont jamais rejeté de courans de lave, non plus que les cratères des volcans des Andes; ces laves sortent presque constamment au pied du volcan, et jamais elles ne se font jour à plusieurs reprises par la même ouverture. Mais ces courans peuvent toujours être rattachés à quelque volcan connu, ou à quelque dôme trachytique, d'où leurs cratères d'éruption émanent comme d'un centre. En effet, les éruptions de lave d'Islande se font ordinairement par des bouches volcaniques semblables à la série des petits cratères qui se sont élevés en 1730 dans l'île de Lancerote. Ces cratères s'ouvrent l'un après l'autre, sur un même alignement, au pied des montagnes et dans les vallées, et vomissent une immense quantité de matière fluide qui s'étend sur la plaine. Ces monticules ne s'élèvent que de quelques centaines de pieds, et restent sans action après que l'éruption s'est terminée. Or, M. Krug fait voir que leur direction passe toujours par le centre du volcan, dont on peut croire qu'ils dépendent. C'est ainsi que plusieurs centaines de monticules qui ont ravagé par leurs laves la presqu'île de Reikianas se dirigent vers le majestueux dôme trachytique du Skialdbreid, qui domine les solfatares et les sources jaillissantes de Skalholt; c'est ainsi que toutes les éruptions autour du Sneefialls Jockul, éruptions qui s'étendent à

plus de dix lieues vers l'orient, se dirigent toujours vers cette haute montagne, et c'est encore la direction des cratères d'éruption et des phénomènes volcaniques autour de l'Oestre Jockul dont l'Hékla même ne paraît être qu'une dépendance. C'est le même phénomène sur une grande échelle que celui des monticules qui s'élèvent sur les crevasses dont la direction passe toujours par le centre du volcan, phénomène qu'on observe avec une si grande facilité à chaque éruption autour du Vésuve et de l'Etna (1). »

Les éruptions des volcans de l'Islande intéressent à un haut degré les géologues par leur intensité et par l'immense volume de lave que quelques-uns ont produit; elles ont été aussi bien fréquentes, car leur histoire remonte au 9e siècle, et depuis le commencement du 12e, dit M. Lyell (2), il est démontré qu'il n'y eut jamais un intervalle de plus de 40 ans, et très-rarement un de 20 ans, sans une éruption ou un tremblement de terre. L'énergie de l'action volcanique dans ce pays est si considérable, que quelques éruptions de l'Hékla ont duré jusqu'à six ans sans interruption. Des tremblemens de terre ont souvent remué l'île tout entière, causant de grands changemens dans l'intérieur, tels que l'abandon de leurs lits par les rivières et la formation de nouveaux lacs, l'abaissement des collines et le déchirement des montagnes; de nouvelles îles ont été souvent produites le long de la côte, dont quelques-unes existent encore, et les autres ont disparu, soit par leur affaisement, soit par l'action des vagues.

« Dans les intervalles des éruptions, de nombreu-

---

(1) De Buch, *Description physique des îles Canaries*, p. 353.
(2) *Principles of Geology*, t. I, p. 425 et suiv.

ses sources chaudes fournissent une issue à la chaleur souterraine, et des solfatares donnent passage à des ruisseaux abondans de matière inflammable. On observe que les volcans, dans différentes parties de l'île, sont comme ceux des Champs Phlégréens, en activité chacun à leur tour, une issue servant de soupape de sûreté aux autres. Un grand nombre de cônes sont quelquefois produits dans une éruption, et dans ce cas, ils suivent une direction linéaire, courant généralement du nord-est au sud-ouest, dans la partie nord-est de l'île, ou est le volcan de Krabta au cap de Reikianas.

» L'éruption de 1783 paraît avoir été plus terrible que toutes celles qui sont rapportées dans les annales modernes de l'Islande, et la narration danoise originale de cette catastrophe, dressée avec de grands détails, a été depuis vérifiée par plusieurs voyageurs anglais, particulièrement quant à l'étendue du pays ruiné, et relativement au volume qu'atteignit la lave. Environ un mois avant l'éruption sur la grande terre, un volcan sous-marin éclata dans la mer à environ 30 à 40 milles au sud-ouest du cap Reikianas, et jeta tant de ponces que l'Océan en fut couvert a plus de 150 milles, et que la marche des vaisseaux en était retardée. Une nouvelle île fut lancée; elle consistait en hautes falaises du milieu desquelles le feu, la fumée et la ponce sortaient par deux ou trois points différens. Cette île fut réclamée par le roi de Danemark, qui la nomma Nyoe ou la nouvelle île; mais avant qu'une année fut écoulée, la mer avait repris son ancien empire, et il ne restait de l'île qu'un amas de roches, sur lequel il y avait de 5 à 30 brasses d'eau. Les tremblemens de terre, qui avaient été long-temps sentis en Islande, devinrent violens le 11 juin, et Skaptar-Jockul, distant d'environ 200

milles de Nyoe, vomit un torrent de lave qui coula dans la rivière Skapta et la dessécha complètement. Le lit de cette rivière est entre de hautes roches, qui dans beaucoup d'endroits ont de 4 à 600 pieds de haut et près de 200 pieds de large.

» Non-seulement la lave remplit ces grands défilés jusqu'au bord, mais elle inonda les champs voisins sur une étendue considérable. Le flot brûlant, en sortant de cette gorge resserrée, fut arrêté pendant quelque temps par un lac profond qui existait dans cette rivière, entre Skaptardal et Aa, et qu'il remplit entièrement. Le courant continua ensuite, et atteignant d'anciennes laves pleines de cavernes souterraines, il y pénétra et en fondit une partie; dans quelques endroits où la vapeur ne trouva pas d'issue, elle fit sauter le roc et en lança les fragmens jusqu'à 150 pieds de hauteur. Le 18 juin, un autre jet de lave liquide s'élança du volcan et descendit avec une vélocité étonnante sur la surface du premier courant. Par la fermeture des embouchures de quelques-uns des affluens de la Skapta, plusieurs villages furent complètement inondés; la lave, après avoir coulé plusieurs jours, se précipita du haut d'une effroyable cataracte, appelée Stapafoss; elle remplit l'abîme profond que cette grande chute d'eau creusait depuis des siècles, et reprit ensuite son cours.

» Le 3 août, de nouveaux torrens de lave, sortant toujours du volcan par une nouvelle branche, prirent une autre direction; car le lit de la Skapta était si complètement rempli, et toutes les ouvertures au nord et à l'ouest si bien fermées, que la matière fondue fut forcée de prendre une autre route, et courant au sud-ouest, elle vint se jeter dans le lit de la rivière Hverfisfliot, et y occasionna une scène de destruction à peine inférieure à la première. Ces laves d'Islande, comme

les anciens courans que l'on rencontre en Auvergne, et dans d'autres parties de la France centrale, sont mentionnées par Stapheusen comme s'étant accumulées à une profondeur prodigieuse dans les gorges étroites de rochers; mais lorsqu'elles arrivèrent aux plaines alluviales, elles se répandirent en grands lacs de feu, quelquefois de 12 à 15 milles de large, sur 100 pieds de profondeur.

» Lorsque le lac brûlant qui avait comblé la vallée inférieure de la Skapta eut été augmenté par de nouveaux renforts, la lave remonta la rivière jusqu'au pied des collines où elle prend sa source. Ceci fournit un cas semblable à celui que l'on peut présenter comme étant arrivé à une époque reculée dans la région du Vivarais en France, lorsqu'un courant de lave sortit du cône de Tueys, et que, tandis qu'une de ses branches descendait, l'autre, plus puissante, remontait l'Ardèche. Les côtés de la vallée de Skapta présentent des rangées superbes de colonnes basaltiques, et de laves plus anciennes, ressemblant à celles qui sont à découvert dans les vallées qui descendent du Mont-Dore, en Auvergne, où des courans de laves plus modernes, et sur une échelle bien inférieure en grandeur à ceux d'Islande, ont aussi envahi le lit des rivières existantes. L'éruption de Skaptar-Jockul ne cessa entièrement qu'au bout de deux ans; et lorsque M. Paulson visita ce canton, en 1774, il trouva que des colonnes de fumée s'élevaient encore de diverses parties de la base et des fentes.

Quoique la population de l'Islande n'excède pas 50,000 âmes, il n'y eut pas moins de vingt villages de détruits, non compris ceux qui furent inondés; une immense quantité de bétail et plus de 9,000 personnes périrent en partie par l'effet de la lave, d'autres par les vapeurs dangereuses dont l'air était imprégné, et enfin

par la famine que causa la chute des cendres dans toute l'île, et la fuite des poissons de ses parages.

» Le volume de la matière fondue produite dans cette éruption est réellement remarquable. Des deux branches qui coulèrent dans des directions presqu'opposées, la plus grande avait 50 milles, et la plus petite 40 de longueur ; la plus grande largeur que la branche de la Skapta ait atteinte dans les pays plats, était de 15 à 16 milles ; celle de l'autre était de 7 milles. La hauteur ordinaire des deux courans était de 100 pieds ; mais dans les défilés étroits elle allait jusqu'à 600.

Iles Açores. — Les Açores sont des îles trachytiques dont le volcan central paraît être le Pico, situé dans l'île du même nom. Cette île est allongée du sud-est au nord-ouest, et il en est de même de toutes les autres îles, St-Georges, St-Michaël, Terceira, et ce qu'il y a de plus remarquable, c'est que toutes ces îles jusqu'à Flores et Corvo, sont situées l'une derrière l'autre, exactement dans cette même direction. « On ne peut s'empêcher de reconnaître, dit M. de Buch, dans cette disposition, une bande volcanique analogue à celle qui traverse l'Islande, une sorte d'immense faille remplie par des roches en partie cachées dans la profondeur des mers ».

Plusieurs éruptions remarquables ont eu lieu dans l'île de Pico. Plusieurs îles ont apparu autour de celle de St-Michaël, qui est elle-même extrêmement curieuse par la variété des phénomènes volcaniques qui se sont développés à sa surface.

Iles Canaries. — Ces îles sont célèbres par le Pic de Ténériffe et par les observations remarquables que M. L. de Buch a publiées sur leur constitution. Ce savant y a reconnu que les petits cratères de soulèvement des îles les plus considérables, celles de la Gran-Ca-

naria, de Ténériffe et de Palma, se trouvent exactement placées dans la même direction, sur une ligne qui, à la surface de la terre, s'étend du sud-est au sud-ouest. Cette disposition paraît à M. de Buch le résultat d'une action intérieure, qu'il regarde comme celle qui a déterminé la sortie des trachytes dont est formé le pic de Teyde lui-même, l'intérieur de la Caldera de Palma et la montagne de la Gran-Canaria. Les îles de Lancerote et de Fuerta-Ventura, qui se trouvent dans une toute autre direction, ne présentent aucune trace de trachyte.

Iles du Cap Vert. — L'île de Fuego, quoique très-petite, contient un volcan très-élevé, auquel se rattachent peut-être quelques-unes des îles voisines; mais on n'a pas de données positives sur ce sujet.

Iles Gallapagos. —Elles forment un groupe très-remarquable de volcans en activité, dont la plus occidentale, celle de Narborough-Island, est probablement, suivant M. de Buch, le volcan principal.

Iles Sandwich. — Il existe dans la plus considérable de ces îles, Owaihi, une montagne, le Mowna-Wororay, qui paraît en être le volcan central. A partir de ce point, les autres îles s'étendent et s'abaissent dans la direction du nord-ouest.

Le Mowna-Roa est une autre montagne de la même île, qui paraît être formée par un dôme trachytique comme le Chimborazzo. Sa hauteur est plus grande que celle du pic de Ténériffe. M. Douglas, qui, le 29 janvier 1834, est parvenu à atteindre le sommet de cette montagne, a trouvé un dôme tellement étendu que du milieu on ne voit point d'autre horizon que celui qui est formé par les bords du dôme lui-même. On observe cependant du côté de l'est un cratère considérable situé un peu au-dessous du point culminant. Indépendam-

ment de ce cratère, il en existe un autre à la base, nommé Kiraueah. C'est une solfatare immense de 15 à 16 milles anglais de pourtour. On distingue dans ce cratère plusieurs étages, dont les plus inférieurs sont dans un état surprenant d'activité; on y voit une grande quantité de petits cônes rejeter des vapeurs aqueuses et sulfureuses, et souvent les flancs du cratère s'entrouvrent et donnent passage à des coulées de lave qui s'en échappent et coulent vers l'intérieur. C'est ainsi que M. David Douglas trouva qu'au mois de juin 1832, une éruption s'était faite au même endroit où, en juin 1825, lord Byron avait dressé ses tentes. La lave s'était écoulée pendant trois jours de suite de l'orifice qu'elle s'était ouvert, et avait comblé en partie les cratères inférieurs (1). M. Douglas vit dans le fond une lave en ébullition et tellement en mouvement vers le sud, que sa vîtesse était de trois milles et un quart par heure, quoiqu'il fût tout-à-fait impossible de reconnaître par où cette lave pouvait s'écouler avec tant d'impétuosité. Cet endroit remarquable est élevé de 3,634 pieds de Paris au-dessus de la mer, la profondeur du cratère est de 1,010 pieds, mais le lac de lave en ébullition était encore à quarante pieds plus bas. M. Douglas a pris la latitude de ce point; elle est de 19° 25′ 42″. Il raconte qu'une éruption violente de cendres et de vapeurs qui eut lieu par ce cratère en 1787, avait fait périr 5,405 personnes qui s'étaient obstinées à traverser la contrée du côté où les vents alizés devaient nécessairement emporter ces matières.

Iles Marquises et îles de la Société. — On a peu de renseignemens positifs sur ces îles, qui sont bien évi-

---

(1) *Journal of the Geography Society*, 1834, t. IV, p. 333.

demment volcaniques. On sait que celle d'Otaïti a un volcan permanent d'une hauteur considérable, puisqu'elle dépasse celle de l'Etna.

Iles des Amis. — Le volcan isolé de Tofna, qui peut s'élever à 3,000 pieds, paraît être continuellement en éruption comme le Stromboli.

Ile Bourbon. — Cette île, qui ne fait partie d'aucun groupe, contient un volcan très-actif dans sa partie orientale. Ce volcan est un des plus considérables de tous ceux qu'on observe à la surface du globe. M. Hubert rapporte (1) que, depuis 1785, année où il a commencé à observer ses éruptions, jusqu'en 1801, il est sorti chaque année au moins deux courans de lave des flancs de la montagne, et huit de ces coulées se sont étendues jusqu'à la mer. Chaque éruption de lave dans les parties inférieures du volcan est suivie d'une éruption qui s'effectue un peu plus tard par le cratère situé au sommet de la montagne (2). Les coulées sortent rarement de ce cratère supérieur, et même dans ce cas, elles sont généralement d'une étendue peu considérable. Sans doute, la lave, en s'accumulant dans les parties élevées du volcan, agit par sa pression sur les orifices ouverts à la base, par lesquels s'effectuent alors les éruptions.

VOLCANS DANS L'INTÉRIEUR DES CONTINENS.

Il existe en Chine des volcans très-éloignés de nous, et qui cependant ont une certaine activité. Tel est le Pé-Chan, ou montagne d'ammoniac, entre Koutche et

---

(1) Bory, t. I, p. 320.
(2) *Idem*, p. 250.

Korgos, volcan qui vomissait des torrens de lave, au centre de l'Asie, à 300 lieues géographiques, à 15 par degré, de la mer Caspienne à l'ouest, à 275 de la mer Glaciale au nord, à 405 du Grand-Océan à l'est, à 330 de la mer des Indes au sud.

M. de Humboldt cite aussi le Djebel Koldaghi, montagne conique et fumante du Kordofan, dont on entretint M. Ruppel à Dongola. Il est à 112 lieues de la mer Rouge, et cette distance n'est que le tiers de celle à laquelle le Pé-Chan, qui, depuis 1700 ans, a vomi des torrens de lave, se trouve de la mer des Indes.

M. de Buch considère encore comme étant probablement volcaniques :

Le Demavend, qui paraît être le point culminant de la chaîne de l'Elburs, entre la mer Caspienne et la plaine de Perse. Olivier dit qu'il sort de la fumée du sommet.

Le mont *Ararat*, qui peut-être n'est qu'un dôme trachytique non percé.

Le *Seiban-Dagh*, à l'extrêmité nord du lac Van en Perse.

Les montagnes de la Tartarie à l'ouest de la Chine, et les montagnes qui dégagent du sel ammoniac, dans la Sibérie, à Chatanga, dans la partie septentrionale du cours du Jenisey.

CHAINES VOLCANIQUES.

Selon M. de Buch, tous les volcans centraux s'élèvent au milieu d'une enceinte basaltique, et leurs cônes sont entièrement formés de trachyte, tandis que les volcans en chaînes que nous allons passer en revue s'élèvent immédiatement de la crête des montagnes de

granite ou d'autres roches cristallisées, ou quelquefois de leur base.

Iles de la Grèce. — Ce sont les seules îles de l'Europe qui ne fassent pas partie des volcans centraux. Elles constituent des chaînes véritables, qui ont dû paraître à la même époque et simultanément au-dessus de la surface des eaux. Mais, jusqu'à présent, elles ne sont, pour ainsi dire, que le résultat des efforts effectués dans l'intérieur pour produire de véritables volcans; car ceux-ci ne se sont pas encore ouverts d'une manière durable. « Les îles grecques ne sont pas dispersées isolément dans la mer, elles ne sont pas non plus rassemblées en un groupe; elles paraissent, au contraire, participer entièrement de la nature des écueils de la Suède et de la Norwège. Les chaînes des montagnes qui traversent le continent se continuent sur ces îles avec la même direction et avec la même nature de roches, jusque dans les parties les plus éloignées, et alors même que ces parties ne peuvent plus s'élever au-dessus de la surface de la mer pour former des îles. Les îles ont, d'après cela, absolument la même constitution géologique que le continent de la Grèce. »

Toutes ces îles sont formées de trachyte brun. Elles n'offrent pas de cratères, mais tout au plus de simples crevasses, comme celles de la petite Kameni. Elles manquent entièrement de basalte, ce qui suffirait, d'après les idées de M. de Buch, pour faire voir qu'elles se distinguent évidemment des volcans centraux.

Chaîne située à l'ouest de l'Austrasie. — « La Nouvelle-Zélande, la Nouvelle-Calédonie, les Nouvelles-Hébrides, les îles Salomon et de la Louisiade, jusqu'à la Nouvelle-Guinée, et cette grande île elle-même jusqu'aux Moluques, appartiennent à la même chaîne, et ces relations de toutes ces îles deviennent surtout plus

frappantes, quand on remarque que la courbe formée par cette chaîne reproduit presque exactement, sur un très-long espace, la configuration de la côte de la Nouvelle-Galles du Sud. »

M. de Buch décrit les principaux volcans de cette chaîne, qui se rattache à l'ouest de la Nouvelle-Guinée, avec deux autres chaînes extrêmement remarquables qui se réunissent à elle en formant une sorte de nœud. Ce sont la chaîne des volcans des îles de la Sonde à l'ouest, et celle des volcans des îles Philippines et des Moluques au nord. Ces deux séries de volcans suivent la limite extérieure du continent de l'Asie, avec beaucoup plus d'exactitude encore que la chaîne précédente ne suivait les côtes de la Nouvelle-Hollande.

Les innombrables volcans des îles de la Sonde s'étendent jusqu'aux îles les plus éloignées de Sumatra et de Java, et se perdent dans le golfe du Bengale, dans les parties où le continent voisin devient plus considérable et moins déchiqueté. De la même manière, la chaîne des Moluques et des Philippines s'élève vers le Japon, et entoure le continent de l'Asie du côté de l'est.

Au contraire, au milieu de ces îles nombreuses qui peuplent la mer de la Chine, on ne trouve que très-rarement des traces de phénomènes volcaniques, et les volcans eux-mêmes y sont presque complètement inconnus.

L'immense masse oxidée qui forme le continent de l'Asie empêche toute communication de l'intérieur avec l'atmosphère, mais cette communication a pu s'ouvrir sur les bords du continent, en formant une faille considérable qui l'entoure, et sur laquelle se sont ouverts des volcans qui servent de canaux pour l'établir.

Chaîne des îles de la Sonde. — Un grand nombre

de points actifs se font remarquer sur cette chaîne. Un des plus remarquables est le Wawani, dans l'île d'Amboine. Son cratère contenait depuis long-temps des matières qui bouillonnaient comme dans une immense chaudière, lorsqu'en 1674 un tremblement de terre ébranla le cône volcanique, et la lave, s'échappant par deux ouvertures, ruissela presque dans la mer. Une grande étendue de ce pays en fut couverte. Le roi d'un village situé dans l'intérieur de l'île avait tenté peu de temps auparavant une attaque contre les villages de Wawani et d'Essen, situés plus bas, et avait été repoussé avec beaucoup de peine. L'éruption volcanique détruisit le village supérieur et fit périr tous les habitans. Ce désastre, qu'on apercevait des parties inférieures, par une sorte d'échancrure de la montagne, vint délivrer ses habitans de la crainte de voir se renouveler les tentatives de leurs ennemis. Depuis lors, ce volcan a eu de fréquentes éruptions.

Le volcan de Gonung-Api dans l'île de Banda, n'est presque jamais en repos. En 1615, il eut une si violente éruption, que les bâtimens de la flotte du gouverneur d'Amboine eurent beaucoup de peine à gagner Neira à travers la grêle de pierres ponces qu'il lança à cette époque. Plusieurs autres secousses se sont fait sentir depuis. En 1820, une grande baie sur la côte occidentale de Banda, se trouva transformée, malgré sa profondeur de 60 brasses, en un terrain soulevé et couvert de collines. Les îles situées entre Banda et Java contiennent aussi un certain nombre de volcans actifs; mais cette dernière est très-remarquable par l'intensité des phénomènes volcaniques qui s'y manifestent. Les bouches volcaniques sont très-nombreuses et situées, dans la direction même de l'île, sur une faille isolée et un peu oblique, qui ne se continue pas sous les eaux.

L'action volcanique paraît ici s'exercer tellement près de la surface, que très-souvent les matières ne suivent pas pour se répandre au dehors leur route habituelle, et se frayent un passage par de nouvelles montagnes. Il est, par conséquent, extrêmement difficile, sans l'attention la plus scrupuleuse, de reconnaître et de distinguer les simples orifices d'éruption des canaux permanens qui établissent la communication de l'intérieur avec l'atmosphère.

L'île de Java n'offre que des calcaires et des basaltes; le trachyte y est très-rare; à peine observe-t-on aussi de l'obsidienne. M. Reinwardts, qui a étudié cette île avec beaucoup de soin, dit expressément que l'on n'a jamais eu d'exemple que l'éruption la plus violente et la plus dévastatrice ait été accompagnée de lave, ce qu'on ne peut attribuer, comme dans les Andes, à la hauteur des cônes volcaniques, puisqu'ils ne dépassent pas 6,000 pieds.

« Le volcan le plus oriental de l'île de Java est le *Taschem* (d'après Raffles); cette montagne a été décrite par le célèbre naturaliste M. Leschenault, qui accompagnait Baudin dans son voyage de découvertes (1). Ce volcan s'élève à une distance de 12 lieues au sud de Panarukan, dans la province de Banya-Vagni; il a environ 6,000 pieds de hauteur; son cratère, dont les flancs sont, en beaucoup de points, presque verticaux, et dont Leschenault a dessiné une vue, a 400 pieds de profondeur; son diamètre inférieur est de 3,000 pieds, son diamètre supérieur, environ la moitié de ce nombre. Les rochers qui forment l'enceinte du cratère sont dentelés et très-blancs : le fond du cratère

(1) *Annales du Musée*, t. XVIII, p. 425.

est occupé par un lac d'acide sulfurique qui peut avoir environ 1200 pieds de longueur. L'eau de ce lac s'écoule par le Songi Pahete (rivière acide), jusqu'au Songi Poutiou (rivière blanche), et se réunit à cette dernière; elle se jette dans la mer un peu vers le nord. Cet acide sulfurique s'oppose au développement de la vie animale partout où il passe, et ce n'est que fort au-dessous du confluent de la rivière acide que les poissons peuvent exister. Leschenault a observé une lave qui provenait de ce cratère, et Horsfield rapporte que la dernière éruption de ce volcan eut lieu en 1796. Leschenault lui avait donné le nom de Mont Idienne, et Horsfield, adoptant la même dénomination, l'avait désigné par celui de Idjengsche Gebergte (1).

» Quand M. Reinwardts visita, en 1821, le volcan d'Idjen, il le trouva fort différent de celui que M. Leschenault avait décrit. Une éruption qui eut lieu en 1817 avait inondé d'eaux acidules toute la contrée environnante, et la végétation y avait été complètement détruite par l'effet corrodant et pernicieux de ces eaux. Le fond d'un immense cratère était occupé par des eaux dont la surface était perpétuellement agitée par le dégagement de nombreuses fumaroles de soufre. Les crevasses des bords du cratère laissaient apercevoir des flammes rougeâtres qui en sortaient en quelques endroits. Mais cet immense cratère n'était ni celui que M. Leschenault avait observé, ni celui d'où les eaux dévastatrices s'étaient répandues dans les environs : ce dernier était complètement à sec et presque comblé.

» Entre l'Ungarang et le Tegal, près du mont Sindoro, se trouve un cratère, une solfatare éteinte, nom-

(1) *Batav. Soc.*, 1834, t. VII.

mée *Guevo Upas* ou *Vallée du poison*. Elle est située à 3 milles de Batur, sur la route de Djung, et est un objet de crainte et de terreur pour les habitans de la contrée; tout être vivant qui pénètre dans cette vallée y est asphyxié et tombe mort sur-le-champ. Le sol est couvert de carcasses de tigres, de chevreuils, de cerfs, d'oiseaux, et même d'ossemens d'êtres humains, frappés de mort dans ce triste et terrible endroit. Ce développement si abondant de gaz acide carbonique est un des phénomènes les plus dignes d'attention. »

M. de Buch cite encore comme un des points les plus remarquables de cette île le *Talaga Bodas*, volcan dont le cratère est occupé par un lac de 2,000 pieds de diamètre. Un mélange de vapeur d'eau et de soufre, qui se dégage continuellement des environs, dissout une partie de la roche basaltique et la change en une argile blanche très-friable. Au nord-ouest de la même montagne, s'opèrent de semblables dégagemens, au milieu d'une solfatare qui est entourée de tigres, d'oiseaux et d'une immense quantité d'insectes. Les muscles, les poils, la peau, enfin toutes les parties molles de ces animaux sont parfaitement conservées, tandis que les os des oiseaux et des quadrupèdes sont entièrement dissous et disparaissent.

Le Galung-Gung est aussi un point d'éruption fort instructif, dont l'étude peut se rattacher à celle de la théorie générale des volcans. « Déjà pendant le courant du mois de juin 1822, les eaux de la rivière *Chikunir*, qui descend de la montagne alors très-cultivée et peuplée, s'étaient troublées; elles déposaient une poudre blanche, exhalaient une odeur sulfureuse, devenaient acides et commençaient à s'échauffer considérablement, trahissant ainsi le grand mouvement de dissolution qui se développait dans l'intérieur. Le 8 d'octobre, à une

heure après-midi, des mugissemens horribles se firent entendre; la montagne se couvrit immédiatement d'une fumée épaisse, et des eaux chaudes, sulfureuses et limoneuses, se précipitèrent de tous côtés sur ses flancs, en dévastant et emportant tout ce qu'elles rencontraient sur leur passage. On vit avec étonnement, à *Badang*, la rivière de *Chiwulan* charrier vers la mer un nombre immense de cadavres d'hommes, de bestiaux, de rhinocéros, de tigres, de cerfs, et même jusqu'à des maisons entières. Cette éruption d'eau chaude limoneuse continua pendant deux heures qui suffirent pour consommer la ruine et la dévastation de toute une province. A trois heures, elle avait cessé, mais il tomba alors une pluie épaisse de cendres et de rapilles qui achevèrent de brûler les champs et les arbres épargnés jusqu'alors. A cinq heures, la tranquillité était parfaitement rétablie, et la montagne se découvrit; mais ce peu de temps avait suffi pour couvrir de limon tous les villages, toutes les habitations, jusqu'à plusieurs lieues de distance. Le 12 d'octobre, à sept heures du soir, ces horribles phénomènes se renouvelèrent. Un tremblement de terre général fut suivi par une éruption dont on entendit le bruit pendant toute la nuit. De nouveaux torrens d'une eau boueuse et chargée de limon, se précipitant vers la vallée, entraînèrent avec eux des rochers et des forêts entières, de manière que des collines furent élevées dans des parties où peu de momens auparavant, il n'y avait qu'une plaine. Il fut bientôt impossible de reconnaître cette vallée, auparavant si fertile et si peuplée. Tous les habitans, sans pouvoir seulement songer à la fuite, furent enterrés sous ces limons, et l'on pense que pendant cette nuit plus de deux mille personnes ont perdu la vie dans le seul district de *Singaparna*, au nord de cette terrible montagne. Le

volcan avait considérablement changé de forme pendant ce laps de temps; il avait diminué de hauteur, et était tronqué; depuis cette éruption, il resta en mouvement; il fumait encore le 12 novembre, et lançait en l'air des nuées de vapeurs. M. Payen, naturaliste et peintre, qui s'approcha de la montagne peu de jours après l'éruption, et qui l'a décrite dans une lettre à M. Reinwardts, ne put avancer vers le volcan. Le limon et des crevasses nombreuses l'en empêchèrent, et les mêmes difficultés se représentèrent pendant tout le mois de novembre (1). M. Blume, botaniste, a examiné sur les lieux ce limon dévastateur. Il était d'une couleur brune jaunâtre, terreux, friable, exhalait une odeur sulfureuse, et brûlait sans difficulté. Il n'y a point de doute qu'il ne fût en grande partie composé de soufre. Les Malais nomment ce limon *Buàh*, c'est-à-dire pâte, et il est évident que cette matière est analogue à la *Moja* de Quito, qui, en 1798, couvrit la malheureuse ville de Rio-Bamba.

« Il semble donc que l'effet de l'action volcanique dans l'île de Java serait de développer en même temps une immense quantité de vapeurs sulfureuses et aqueuses qui, s'emparant de la roche dont l'intérieur de la montagne est composé, la décomposent jusqu'à en faire une pâte, un *Buah*, et enfin, quand la masse solide est détruite de manière à ne pouvoir plus opposer assez de résistance, les vapeurs se font jour au dehors, et la matière fluide s'échappe par les crevasses, non comme un courant de lave visqueuse, mais comme des torrens d'eau qui jaillissent par chaque petite ouverture qu'elles peuvent atteindre.

---

(1) Boon Mesch, p. 47.

» On ne peut donc regarder toutes ces eaux que comme des eaux distillées, et il faut croire qu'il en est de même de celles de ces deux rivières qui sortent du cratère du volcan d'Idjen ; car ce cratère se trouve presque à la cime d'une montagne isolée, qui n'est dominée par aucune autre montagne avoisinante. »

Ces singuliers phénomènes ne sont pas rares dans l'île de Java, et s'y reproduisent en plusieurs autres lieux.

Un certain nombre d'îles volcaniques s'étendent encore de Java à *Barren-Island*, le dernier volcan de cette chaîne. Il est situé dans le golfe du Bengale, à 15 milles marins de la grande île Andaman. On voit un cirque des plus réguliers, ouvert d'un côté par où la mer trouve un libre accès pour y pénétrer. Au milieu de ce cirque, existe le cône volcanique, qui s'élève autant que les crêtes de son enceinte. Il fut découvert en 1792. Il était alors en pleine éruption, et rejetait d'immenses nuages de fumée et de pierres incandescentes (*Fig.* XLV.) (1).

Chaîne des îles Moluques et des îles Philippines.— La série de ces volcans occupe, comme à Java, les îles dans toute leur longueur. La partie orientale et la plus considérable de Mindano, l'île même de Gilolo paraissent être complètement volcaniques ; il n'y a que quelques lambeaux de ces îles qui, sur une courte étendue, s'éloignent de la chaîne volcanique. L'île de Célèbes n'a que sa partie nord-est qui soit volcanique. Elle contient le volcan de Kemas, qui s'est soulevé en 1680, à la suite d'un violent tremblement de terre.

---

(1) *Asiatic researches*, vol. IV, *Philos. Journal*, juillet 1823, p. 205.

Chaîne du Japon et des îles Kurilles. — M. de Buch dit que la fréquence des tremblemens de terre à Formosa peut permettre de supposer que la chaîne volcanique des Philippines se perd sous le continent de la Chine. Après une longue interruption, on voit paraître une nouvelle série de cônes volcaniques qui commencent à l'île sulfureuse du groupe de Loochoo. La chaîne souterraine se continue sous la grande île du Japon et se lie à la longue série volcanique des îles Kurilles.

Après l'immense cratère de Loochoo, les principaux points volcaniques du Japon sont :

Unsen, sur la presqu'île de *Nangasaki*. — Cette montagne, autrefois large, unie, mais peu élevée, lançait des vapeurs qu'on apercevait de trois milles de distance (1). Mais, le 18 du premier mois (1793), elle s'abîma et laissa à sa place une excavation si profonde, qu'en y lançant une pierre on ne l'entendait pas frapper le fond. Pendant plusieurs jours il en sortit de la fumée. — Le 6 du second mois, le volcan *Bivo-no-Koubi* s'ouvrit à un demi-mille de son sommet : il en sortait des flammes qui s'élevaient à une grande hauteur; la lave qui en découlait était si abondante, sa marche était si rapide, que tout ce qui existait sur un espace de plusieurs milles devint la proie des flammes. — Le 1er du troisième mois, à dix heures du soir, un violent tremblement de terre se fit sentir dans toute l'étendue de *Kiu-Siu* (Kidjo), et principalement à *Simabara*; il renversa des montagnes et des édifices, et des crevasses se formèrent sur le sol. Pendant tout ce

(1) Kampfer, t. I, p. 120.

temps la lave ne cessa de couler (1). Le 1er du quatrième mois, la terre trembla de nouveau pendant des heures entières : les secousses étaient si fortes que des montagnes s'écroulèrent en entraînant avec elles des villages entiers ; on entendait des bruits affreux au-dessous de la surface de la terre. Tout-à-coup la montagne *Miyi-Yama* sauta en l'air et retomba dans la mer ; les vagues soulevées engloutirent beaucoup d'habitations situées près du rivage, en même temps que les eaux qui sortaient en abondance des ravins des montagnes inondaient tout le pays. En peu d'instans, *Simabara* et *Figo* ne furent plus qu'un désert ; on estime le nombre des hommes qui ont péri à 53,000.

Fusi. — C'est la montagne la plus élevée et le volcan le plus considérable de tous ceux du Japon : il est un peu moins haut que le pic de Ténériffe, mais il ne le cède à aucun volcan pour la majesté de son aspect. Il est placé un peu au sud-ouest de Jedo, dans la province de Suruga. Son sommet est constamment couvert de neige, et il s'en dégage d'abondantes fumées. Il en sortait autrefois aussi beaucoup de flammes, mais elles ont tout-à-fait cessé depuis que la montagne s'est entr'ouverte sur un de ses flancs (2).

Klaproth rapporte, d'après les livres japonais, que 285 avant notre ère, un grand éboulement forma dans une nuit le lac de Milsou-Oumi ou d'Oïtz, et en même temps le Fousi noyama, la plus haute montagne du Japon, se souleva du sein de la terre.

Alamo, dans la province centrale de *Sinano*, au

---

(1) Titsingh, *Mémoire des Djogouns*, par Abel Remusat, 1820, p. 203.

(2) Kampfer, *Japon*, t. I, p. 120.

nord-ouest de *Jedo*. — Le premier août 1783, après un violent tremblement de terre, des flammes sortirent du sommet de la montagne; elles furent suivies d'une telle quantité de sable et de pierres, que la clarté du jour fut remplacée par d'épaisses ténèbres. Les habitans des environs voulurent fuir, mais le sol, qui s'entr'ouvrait partout, les engloutissait, et le feu sortant des crevasses brûla les habitations; vingt-sept villages disparurent. Un bruit horrible accompagnait cette catastrophe, et une pluie continuelle de pierres incandescentes, de quatre à cinq onces, forma à *Yasouye* une couche de quinze pouces, et de trois pieds à *Matsyeda*.

Le 14 août, à dix heures du matin, un fleuve de soufre mêlé avec de la boue, des pierres et de gros fragmens de rocher, sortit du haut de la montagne et coula jusque dans le fleuve *Asouma-Gawa*, dont les eaux débordèrent et inondèrent tous les terrains adjacens. Le nombre des victimes de ce désastre est incalculable. — Le dessin japonais colorié et couvert de flammes, joint à la relation, prouve évidemment que, pendant cette éruption, une grande quantité de cônes s'étaient formés au-dessus d'une crevasse et agissaient comme des soupiraux par lesquels sortait le feu. Il est vraisemblable que beaucoup de villages ont été recouverts, comme en 1730, à *Lancerote* (1).

Les îles Kurilles contiennent un grand nombre de points volcaniques, et l'on y rencontre un grand nombre de sources thermales et de dégagemens de vapeurs.

Chaîne du Kamtschatka. — La péninsule du *Kamtschatka* renferme un plus grand nombre de volcans

(1) Titsingh, *Mémoire des Djogouns*, p. 180.

qu'on ne l'avait cru jusqu'à présent. Deux chaînes de montagnes très-différentes dans leur composition se font remarquer dans cette partie de la Sibérie. L'occidentale n'offre aucune trace de volcan, tandis que l'orientale, au contraire, se compose et de pics très-élevés qui brûlent encore actuellement, et d'autres qui, sans être en éruption, présentent tous les caractères des volcans. L'*Atlas* de Krusenstern en retrace parfaitement l'ensemble et ce qu'ils ont de particulier dans leur forme. Ce sont de véritables fourneaux élevés au-dessus d'une crevasse qui traverse l'intérieur de toute cette contrée. Les sources chaudes et l'abondance du soufre, qui, en plusieurs endroits, couvre le rivage en forme de gravier, prouvent assez que toute cette chaîne de montagne est la proie du feu. Elle se lie avec les volcans du Japon, des Philippines et des Kurilles. Les principaux sont :

Le pic *Streloschnoy*, ou volcan d'*Awatscha*, au nord de la baie de ce nom. — Sa plus grande éruption est celle de 1736; elle fut accompagnée d'un violent tremblement de terre et d'une agitation extraordinaire de la mer, qui envahit et inonda la terre. Une autre éruption eut lieu en 1777, pendant que le capitaine Clerk était au Hâvre de Saint-Pierre-Saint-Paul. En 1787, La Peyrouse et ses compagnons voyaient continuellement de la fumée et des flammes au sommet de la même montagne. Elle exhale de temps en temps de la fumée. Elle serait élevée de 10,704 pieds de roi, suivant le docteur Horner.

Tobaltschiuskoy. Lat. 55° 30'. — Volcan au milieu de la grande plaine du Kamtschatka, et toujours appartenant à la même chaîne. Il fume constamment. Il a été en grande activité, surtout en 1793. Lesseps en a encore aperçu un autre dans son voisinage : c'est sans

doute celui que M. Stein appelle *Kamskatkoi-Shapka*. Celui-ci est très-élevé. Depuis 1728, il a éprouvé de fréquentes éruptions d'une force considérable : quelques-unes d'entre elles ont recouvert de cendres, dans un rayon de 300 kilomètres, le pays à l'entour du volcan.

Klutschewskaja. Lat. 56° 10′, de 7 milles au sud de Nischnei-Kamtschatka. — C'est le volcan le plus élevé de cette presqu'île, et le dernier vers le nord. Ses flancs sont recouverts de neiges. Souvent les laves qui coulent du sommet sont arrêtées par les glaces, qu'elles brisent et poussent devant elles; alors elles roulent, mêlées avec des masses glacées, sur le penchant de la montagne, en faisant un bruit qui porte l'épouvante à 100 werstes à la ronde. Il y a beaucoup de soufre au pied du cône. Le cratère, qui a une werste d'étendue, mais dont la forme varie souvent, lance continuellement des flammes, des étincelles ou des vapeurs; ces dernières, blanches et épaisses, sortent sous la forme de grosses boules, qui se transforment ensuite en anneaux et disparaissent dans l'atmosphère. Avant 1762 ce volcan était terminé en pointe : peu à peu le cratère s'abaissa et le sommet s'aplatit; mais, depuis 1772, la lave s'est élevée de nouveau, et la pointe terminale a reparu. En février 1821, forte éruption qui fut précédée de plusieurs secousses violentes et continues. Ce phénomène occasionna l'affaissement des deux tiers du cône d'Alaïde, petite île de forme conique, de la société des Kurilles. — Cette montagne peut être aperçue des îles Behring, ce qui suppose une hauteur au moins égale à celle du pic de Ténériffe (1).

---

(1) Sauer, *Billing's Exped.*, p. 202.

Schevelatsch ou *Krasnaja-Sopka*, à 80 werstes au nord du précédent, près des sources de Iltschusch et du Bakus, qui coulent dans le Kamtschatka, et de celle du Tigil (1).

Plusieurs de ces montagnes volcaniques, ou Sopka, ou Shapka, sont éteintes depuis long-temps. Le nombre de celles qui sont encore actives n'est pas fixé (2).

Chaîne des îles Aleutiennes. — Ces îles présentent une seule et unique chaîne; elles ressemblent aux piles d'un pont immense qn'on aurait voulu jeter de continent en continent. Elles décrivent, entre le Kamtschatka en Asie et le promontoire d'Alaska en Amérique, un arc de cercle qui joint presque ces deux terres ensemble. On y en distingue douze principales, accompagnées d'un très-grand nombre d'autres petites îles et de rochers. On y connaît plusieurs volcans actifs.

Semi-Soposchna renferme le premier volcan occidental connu de cette série. D'après le dessin de Sauer (3), ce volcan est pointu, mais peu élevé; il est situé dans la partie méridionale de l'île. Les autres points enflammés ne sont peut-être que des cônes d'éruption.

Rocher-Goreloi, à l'ouest de Tanaga (et non pas l'île de Goreloi, qui est plus à l'est). — C'est un volcan haut et escarpé, qui s'élève uniformément depuis la mer jusqu'à son sommet (4).

---

(1) Sauer, *Billing's Exped.*, p. 306.

(2) Voir, pour plus de détails, *Krascheninikof's Beschr. von Kamt*, 1766. — *Voyage à la montagne volcanique de Strélos-chnaya-Sapka, au Kamtschatka, fait dans le courant des mois d'août et sept.* 1814; *St-Petersburg Zeitschrift*; mars 1825, p. 333.

(3) *Billing's Exped.*, p. 277.

(4) *Idem*, p. 221.

Tanaga. — Ce volcan, situé dans la partie nord-ouest de l'île, est peut-être le plus grand de cette série. Le cône, qui s'élève rapidement, a près de dix milles géographiques de contour, ce qui est presque autant que l'Etna. Le sommet est divisé en plusieurs pointes, dont la plus élevée fume constamment, et des neiges perpétuelles, souvent recouvertes de cendres, enveloppent plus de la moitié de ce volcan (1).

Kanaga ou Kanaghi contient beaucoup de sources chaudes qui sortent près du rivage, et dans lesquelles les habitans font cuire la viande et les poissons. Autrefois on recueillait beaucoup de soufre dans le cratère d'un volcan très-élevé (2).

Umnak. — Les volcans de cette île, que l'on confond souvent avec Unimak, sont très-actifs (3). C'est dans ses environs qu'une île nouvelle apparut, en mai 1796.

Pic Makuschkin, dans la partie septentrionale d'Unalaschka. — Il n'a pas beaucoup plus de cinq mille pieds, puisqu'il est moins haut que le pic d'Unimak. C'est cependant le plus élevé de toute l'île. Il fume continuellement, et on recueille du soufre dans l'intérieur de son cratère; il est séparé de toutes les autres montagnes. Il y a beaucoup de sources chaudes au pied du volcan; on ne voit dans son voisinage aucun indice de lave ou de ponce (4).

Agaeidan, sur Unimak, la moyenne de trois mon-

---

(1) Sauer, p. 221.

(2) *Lasarew in Schlæzer's Nachr. von den neu entend. Ins. Zwischen Asien n. Amer;* Hamb., 1776, p. 65.—Sauer, p. 226.

(3) Chamisso, p. 166.

(4) *Idem*, p. 165.

tagnes élevées qui s'aperçoivent de très-loin. — C'est un cône régulier dont le sommet lance une grande quantité de fumée (1). Il a 5,167 pieds de roi, suivant l'évaluation de Kotzebuë.

Alaska.—Il y a deux volcans à l'extrêmité d'Alaska; ils sont placés sur le sommet d'une chaîne de montagnes granitiques et de schiste argileux, qui traversent cette presqu'île; ces montagnes, et les deux pics volcaniques, sont très-élevés. Le premier, au nord-ouest, qui s'est affaissé lors de la violente éruption de 1786, paraît être encore, malgré son sommet tronqué, le plus élevé, plus même que le pic d'Unimak. La neige recouvre, non-seulement le cône du volcan, mais encore le tiers de la base au-dessus de laquelle il s'élève (1).

Chaîne des îles Marianes. — Cette série est isolée et ne se rattache à aucun continent. D'après une carte de Monterey, ces volcans seraient au nombre de sept, dans un alignement qui ne peut, dit M. de Buch, être l'effet du hasard; un huitième, situé au sud de ceux-ci, est celui de l'île de l'Assomption. Aucun pays volcanique ne présente un aspect plus effrayant que cette île; c'est un cône parfait qui, jusqu'à 200 pieds au-dessus de la mer, paraît entièrement noir. L'odeur sulfureuse qui s'en exhale et qui s'étend à un demi-mille au loin sur la mer, ne peut laisser aucun doute sur l'activité de ce volcan.

Chaîne générale des volcans d'Amérique. — « Quoi-» que fréquemment interrompues et même sur des lon-» gueurs considérables, les séries des volcans de l'Amé-» rique peuvent cependant toujours se rattacher aux

(1) Sauer, p. 164.
(2) Chamisso, p. 165.

» chaînes de montagnes qui s'élèvent sur le continent. » Elles ont même, sous quelques rapports, de grandes » ressemblances avec la série des volcans de l'Austrasie » et des îles Moluques. En effet, cette chaîne se re- » courbe vers le nord-ouest, et se divise en deux autres » chaînes qui entourent le golfe du Mexique, de la » même manière que les volcans des Moluques dans » la mer de Chine, et de même que ceux-ci finissent » par se perdre dans les parties où le continent de » l'Asie devient plus considérable et plus étendu, de » même les volcans de l'Amérique disparaissent dès » que l'Amérique septentrionale a pris une grande lar- » geur et une grande extension.

» Toutefois ces deux systèmes principaux de volcans » à la surface de la terre, présentent une différence » essentielle qui ne peut pas être passée sous silence : » c'est que la chaîne de l'Austrasie s'étend le long de » la partie convexe du continent, tandis qu'au contraire » la chaîne de l'Amérique est en connexité avec la » partie concave de cette partie du globe (1). »

Chaîne du Chili. — Cette contrée renferme un grand nombre de volcans actifs, mais qui sont peu connus. M. de Buch suppose aussi que l'on doit y rencontrer un certain nombre de dômes trachytiques élevés par des forces volcaniques qui n'ont pas eu assez d'intensité pour se manifester, soit par la cime, soit par le pied de ces sortes de volcans.

Parmi ceux sur lesquels on a quelques données, se trouvent :

Le *volcan de Votuco*, situé en dehors de la chaîne

(1) De Buch, p. 463.

principale. C'est un cône en forme de pain de sucre qui rejette tant de cendres et de vapeurs que rien ne peut croître jusqu'à quatre à cinq lieues de distance (1).

Volcan de Antoio ou *Antuco*. C'est un des plus remarquables et peut-être le mieux connu par la description de M. Édouard Pœppig, qui a séjourné au pied de ce volcan et qui s'est élevé jusqu'à sa cime (2).

« Il paraît, dit M. Pœppig, que le volcan s'élève au milieu d'un cirque basaltique, ou d'un immense cratère de soulèvement; phénomène très-curieux, qui ne s'est point encore observé sur une aussi grande échelle autour d'aucun autre volcan, mais qui certainement a de l'analogie avec ce qu'on observe en Islande, où la bande volcanique est bornée des deux côtés par des amygdaloïdes et des basaltes en prismes. Les effets de l'action volcanique se manifestent de suite, dès qu'on est entré dans ce cirque basaltique. D'immenses courans de lave se précipitent des flancs escarpés; et séparés en différentes branches, ils se réunissent vers le cône du volcan. On les dirait composés de scories de hauts fournaux, car ils n'ont point de cohérence, et toute la masse semble brisée et séparée en morceaux aigus et raboteux. Arrivé au haut de la vallée d'Antuco, dans laquelle coule la rivière de la Laxa, on se trouve environné de très-grands rochers de cette lave. Elle n'est pas basaltique, mais elle contient en abondance des pyroxènes et des cristaux blancs rhomboïdaux

---

(1) Don Diego Ordonner de Savallos, lib. II, chap. 18, cité par de Buch.

(2) *Voyage au Chili et au Pérou;* Leipzig, 1835, cité par de Buch.

de feldspath, ou plus vraisemblablement d'albite. La lave serait donc formée ou d'une dolérite ou d'une andésite. Toutes les branches réunies de ces courans paraissent être sorties non loin du plateau qu'on atteint au haut de la vallée. C'est là qu'on rencontre un grand lac de cinq à six lieues d'étendue, qui baigne le pied du cône du volcan même placé sur son bord méridional. Le cône, enfin, s'élance fort avant dans la région des neiges perpétuelles, et il est d'un accès très-difficile. A la cime, on trouve un cratère de 750 pieds de l'est à l'ouest, de 350 pieds du nord au sud, et de 30 toises de profondeur. Plusieurs grandes ouvertures y dégagent des vapeurs acides et suffocantes, et du soufre se dépose sur leurs parois. D'autres crevasses vomissent des vapeurs noires et également suffocantes, puis, après quelques momens de repos, il s'en élance, avec un sifflement terrible, des vapeurs blanches qui rejettent fort loin, et à une très-grande hauteur, du sable, des pierres et assez souvent même d'immenses blocs, arrachés de l'intérieur. Ces vapeurs blanches disparaissent bientôt, mais les noires s'élèvent jusqu'à une très-grande hauteur, et couvrent souvent toute la cime même.

» Jamais un courant de lave ne s'est écoulé de cette cime; on les voit toujours sortir du pied du cône, et de là se précipiter dans le fond des vallons. En 1828, un très-fort courant s'écoulait continuellement du côté du nord par de grandes ouvertures, et répandait la nuit une lueur qu'on pouvait apercevoir à quarante lieues de distance. On ne rencontre ni verres volcaniques ni pierres-ponces autour de ce volcan, ce qui certainement est une preuve que le trachyte n'entre pas dans sa composition. Mais les courans de lave lui donnent un caractère remarquable, car il y a peu de volcans

dans la chaîne des Andes qui en aient offert, et jamais on n'en a vu autour des volcans de Quito (1). »

Indépendamment de ces deux volcans, M. de Buch en cite encore vingt-deux qui appartiennent à la même chaîne ou peut-être à quelques chaînons latéraux. Le nombre en est probablement plus considérable encore, et il serait d'autant plus curieux d'avoir des données positives sur ces volcans, qu'ils semblent avoir une influence marquée sur les tremblemens de terre si remarquables auxquels cette contrée est exposée. Le pays qui est dépourvu de bouches volcaniques est précisément celui qui est le plus exposé à ces violentes secousses. Nulle part les tremblemens de terre ne sont plus terribles que du côté occidental de la chaîne des montagnes du Chili, tandis qu'ils sont à peine sensibles vers l'intérieur ou sur le penchant oriental des montagnes. Aussi M. Pœppig assure que l'on craint beaucoup plus les secousses qui viennent du côté de la mer que celles qui arrivent du côté opposé. Elles semblent du reste avoir une sorte de périodicité sur ces côtes, car la ville de Copiaco a été dévastée régulièrement tous les ving-trois ans, en 1773, 1796 et 1819.

Volcans de Bolivia et du Haut-Pérou.—Cette série est composée d'environ dix volcans, dont de nouvelles recherches augmentèrent peut-être le nombre. Ils sont situés sur la crête occidentale qui borde le plateau élevé des Andes. Cette crête offre une ligne non interrompue de cônes actifs et de pics trachytiques.

Le *volcan d'Alacama,* le premier de la chaîne de Bolivia, est à peine connu. Le *Sehama*, ou *volcan de Gualatieri*, est une pyramide imposante qui s'élève

(1) De Buch, p. 466 à 468.

beaucoup au-dessus de la région des neiges perpétuelles. La cime est tronquée et laisse continuellement échapper de la fumée.

Le *volcan de Chungara*, selon M. Pentland, offre deux cimes dont l'une, tronquée, offre un cratère, tandis que l'autre, désignée sous le nom de *Parinacota*, paraît être un dôme sans cratère.

Le *Chipicana* a un cratère qui s'ouvre du côté de l'est, et à peu de distance se trouve une solfatare d'où s'écoule un ruisseau d'eau acide. Le Viejo a aussi un grand cratère. Le volcan d'Omato eut, en 1667, une violente éruption.

Le cône d'*Aréquipa* est le plus parfait et le plus pittoresque de la chaîne des Andes. Le cratère, qui est grand, mais peu profond, s'ouvre au sud-est, et le sommet n'est entouré que de pierres et de sable : on ne trouve de traces d'éruption qu'au pied. Le volcan est entouré par quatre pics de la montagne Cacheni, et on ne trouve sur la partie élevée de ses flancs que du trachyte et du porphyre noir. Il sort constamment du cratère des vapeurs et de petites quantités de cendres ; mais il n'a pas eu d'éruption depuis l'arrivée des Espagnols en Amérique.

Suivant M. S. Curson, ce volcan aurait 22,328 pieds, ou 7,253 mètres de haut (1) ; cette mesure nous paraît exagérée ; celle que lui donne M. Pentland est plus digne de croyance. Ce dernier naturaliste a trouvé 5,600 mètres (2).

---

(1) *Excursion au volcan supposé d'Aréquipa ou pic de Misté, au Pérou*, par Samuel Curson, esq. ; *Bost. Journal*, nov. 1833, p. 352.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XLII, p. 431.

Volcan d'Uvinas, à quelques milles à l'est-sud-est du précédent. — Il est moins élevé. Son immense cratère est actuellement éteint. C'est de ce volcan que partirent, dans le 16e siècle, les immenses quantités de cendres qui ensevelirent presque totalement la ville d'Aréquipa, et produisirent les effets les plus désastreux dans la contrée environnante.

Volcans de Quito. — Les travaux de MM. de Humboldt et Bompland, et ceux de M. Boussingault, ont fait connaître avec détails les curieux volcans du plateau de Quito.

« Il est très-probable, dit M. de Humboldt, que la plus grande partie de la haute contrée de Quito, ainsi que les montagnes avoisinantes, sont formées par un immense dôme volcanique qui s'étend du nord au sud et embrasse un espace de plus de 600 milles carrés. Le Cotopaxi, le Tunguragua, l'Antisana, le Pichincha, s'élèvent au-dessus de cette même voûte, comme les diverses sommités d'une même montagne. Des masses de matières enflammées s'échappent tantôt par l'un, tantôt par l'autre de ces volcans; et lorsque l'obstruction d'un de ces cratères pourrait nous faire penser que le volcan est éteint, il arrive souvent que l'action volcanique s'exerce avec non moins d'intensité dans l'intérieur et dans son voisinage, au-dessous de Quito aussi bien qu'au-dessous des volcans de Imbaburù ou du Pichincha (1). »

Les volcans de Quito sont nombreux, et présentent pour la plupart des formes colossales. Nous allons désigner les principaux.

---

(1) *Relat. hist.*, t. II, p. 15.

Sangay, hors de la chaîne orientale, au pied de la pente (1). Il a néanmoins 16,080 pieds de hauteur (2). Personne ne l'a visité, mais il fume constamment, et en 1742 on vit sortir de son cratère des flammes qui s'élevaient au-dessus de la chaîne de montagnes.

Tunguragua.—Il est élevé de 15,471 pieds. Il a eu une éruption en 1641.

Le *Carguairazo* s'élève à 14,706 pieds de hauteur, et se trouve très-rapproché de l'énorme dôme trachytique de Chimborazzo, qui paraît n'avoir jamais été un volcan actif. Peut-être le Carguairazo lui-même était-il un dôme semblable au précédent, lorsque, dans la nuit du 19 au 20 juin 1698, il s'écroula. Des torrens d'eau et des éjections boueuses sont sortis alors des flancs entr'ouverts de la montagne et ont rendu stériles les campagnes environnantes. Cette catastrophe horrible a été accompagnée d'un tremblement de terre qui, dans les villes voisines d'Hambato et de Llactacunga, a englouti des milliers d'habitans (3).

La cime de cette montagne présente maintenant des cônes hérissés de pointes et des aiguilles brisées qui menacent ruine.

Le *Cotopaxi* est le plus élevé de ceux des volcans des Andes qui, à des époques récentes, ont eu des éruptions. Sa hauteur est de 5,754 mètres (2,952 toises); elle est double de celle de Canigou, elle surpasse par conséquent de huit cents mètres la hauteur qu'aurait le Vésuve s'il était placé sur le sommet du pic de Ténériffe. Le Cotopaxi est aussi le plus redouté de tous les volcans du royaume de Quito; c'est celui dont les explo-

---

(1) *Relat. hist.*, t. II, p. 452.
(2) La Condamine, *Mes. des trois premiers degrés*, p. 56.
(3) Humboldt, *Vues des Cordillères, etc.*, t. I, p. 287.

sions ont été les plus fréquentes et les plus dévastatrices. En considérant les masses de scories et les quartiers de rochers lancés par le volcan, et dont les vallées environnantes sont couvertes, sur une étendue de plusieurs lieues carrées, on doit croire que leur réunion formerait une montagne colossale. En 1738, les flammes du Cotopaxi s'élevèrent, au-dessus du bord du cratère, à la hauteur de 900 mètres. En 1744, le mugissement du volcan fut entendu jusqu'à Honda, ville située sur les bords de la rivière de la Madeleine, à une distance de deux cents lieues communes. Le 4 avril 1768, la quantité de cendres vomies par la bouche du Cotopaxi fut si grande que, dans les villes d'Hambato et de Tacunga, la nuit se prolongea jusqu'à trois heures du soir, et que les habitans furent obligés d'aller avec des lanternes dans les rues. L'explosion qui arriva au mois de janvier 1803 fut précédée d'un phénomène effrayant, celui de la fonte subite des neiges qui couvrent la montagne. Depuis plus de vingt ans, aucune fumée, aucune vapeur visible n'était sortie du cratère, et, dans une seule nuit, le feu souterrain devint si actif, qu'au soleil levant les parois extérieures du cône, élevées sans doute à une température très-considérable, se montrèrent à nu, et sous la couleur noire qui est propre aux scories vitrifiées. Au port de Guayaquil, dans un éloignement de cinquante-deux lieues en ligne droite du bord du cratère, nous entendîmes nuit et jour les mugissemens du volcan, comme des décharges répétées d'une batterie; nous distinguâmes même ce bruit épouvantable dans la mer du Sud, au sud-ouest de l'île de la Puna (1).

---

(1) Humboldt, *Vues des Cordillères et Monumens de l'Amérique*, in-8°, t. I, p. 143.

Sinchulagu, à quelques milles au nord du précédent. — Son éruption de 1760 suffit pour le faire regarder comme un volcan actif. Il a 15,420 pieds de haut (1).

Guachamayo, au pied des montagnes du côté de l'Orient, près des sources du Rio-Napo (2).

Antisana, dans la chaîne orientale; élévation de 17,956 pieds, suivant M. de Humboldt. — C'est le seul des volcans de Quito près du sommet duquel le naturaliste prussien ait trouvé quelque chose qui ressemblât à une coulée de lave; elle se rapprochait presque de l'obsidienne. On trouve aussi sur les flancs des scories qui ressemblent au pechstein et à la ponce (3). On ne connaît pas d'éruption postérieure à celle de 1590.

Ricu-Pichincha. — C'est un des volcans les plus grands de la terre; son cratère, creusé dans un trachyte d'une couleur très-foncée qui ressemble au basalte, a été comparé par La Condamine au chaos des poètes. Cette bouche immense était alors remplie de neige; mais M. Humboldt la trouva embrasée. « La » bouche du volcan forme un trou circulaire de près » d'une lieue de circonférence, dont les bords, taillés » à pic, sont couverts de neige par en haut. L'intérieur » est d'un noir foncé; mais le gouffre est si immense, » que l'on distingue la cime de plusieurs montagnes » qui y sont placées; leur sommet semblait être à deux » ou trois cents toises au-dessous de nous. Jugez donc » où doit se trouver leur base. Je ne doute pas que le

---

(1) La Condamine, *Mes.*, p. 56.
(2) Humboldt, *Relat. hist.*, t. II, p. 452.
(3) *Niv. barom.*, p. 29.

» fond du cratère ne soit de niveau avec la ville de » Quito. »

Ce volcan eut une éruption en 1660, et la dernière eut lieu tout récemment, en 1831.

L'*Imbaburù* est situé presqu'exactement sous l'équateur, sur le flanc occidental de la vallée, à peu de distance de la ville d'Ibarra.

Chiles, situé sur une chaîne perpétuellement couverte de neige, à l'ouest de Tulcan (1).

Cumbal, au nord du précédent, auquel il est réuni. — Il peut avoir 13,600 pieds de haut. Il offre plusieurs cratères près de son sommet et un peu plus bas; ils lancent continuellement une grande quantité de vapeurs et de fumée. Il paraît qu'il n'a jamais eu d'éruption violente (2).

Azufral, encore plus loin, au nord, et toujours dans la même chaîne. — Montagne dont le dos est dentelé, et dont le flanc s'abaisse doucement au sud et se perd dans la plaine. Le sommet est rarement visible et contient plusieurs cratères fumans, mais la fumée ne peut pas s'apercevoir du pied, comme au volcan de Cumbal. Un de ces cratères présente un marais sulfureux bouillant; d'énormes masses de soufre, tantôt en amas, tantôt en filons, traversent le trachyte dans tous les sens (3).

Sotara, au sud-est de Popayan. — C'est un cône tronqué qui, par sa couleur noire et sa forme, présente un aspect effrayant. Depuis 50 à 60 ans, son sommet a changé de forme; autrefois il était pointu, main-

---

(1) Humboldt, *Atlas pittor.*, p. 26.
(2) Humboldt.
(3) *Idem.*

tenant il est large, et on remarque son affaissement sous la neige (1).

Puracé, ou *Paracé*, à l'est de Popayan. — C'est une pyramide quadrangulaire tronquée, haute de 13,648 pieds, composée supérieurement d'obsidienne, et depuis la vallée jusqu'à 8,000 pieds, entourée de granite (2).

Sa dernière éruption est du 18 novembre 1827; elle a été précédée d'un violent tremblement de terre qui a détruit la ville de Popayan (3).

Pasto, au nord de la ville du même nom, et tout-à-fait séparé des Cordillères. — Il est souvent couvert de neige. Il a environ 12,600 pieds d'élévation. Son cratère est placé de l'autre côté de Pasto, de sorte qu'on ne peut l'apercevoir de la vallée. Au sommet d'une élévation, dans l'intérieur de ce cratère, se trouvent deux ouvertures d'où sortent sans cesse, non-seulement de la fumée, mais aussi des flammes. En novembre et décembre 1796, il s'en éleva une colonne de fumée si haute, qu'on l'apercevait de Pasto, phénomène auquel on n'était pas accoutumé. Cette colonne disparut en février 1797, lorsque la province de Quito fut ravagée par des tremblemens de terre.

Volcan près Rio-Fragua, à l'est des sources de la Madeleine, au nord-ouest de la mission de Santa-Rosa, et à l'ouest de Puerto del Pescado. — Il fume continuellement (4).

---

(1) Humboldt.

(2) Idem, *Niv. barom.* p. 24.

(3) *Globe*, 22 mars 1828; et *Bulletin des Sciences natur. et de Géologie*, juin 1829, t. XVII, p. 355.

(4) Humboldt, *Relation historique*, t. II, p. 452.

Pic de Tolima. — C'est un volcan actif, suivant M. Roulin. De Santana, il a vu, plusieurs matins de suite, la fumée s'en élever en colonne verticale. L'on n'avait observé, de mémoire d'homme, rien de semblable avant le tremblement de 1826. M. Roulin a trouvé, dans une histoire inédite de la conquête, écrite en 1623, le détail très-circonstancié d'une éruption de ce volcan. C'était le 12 mars 1595; après trois violentes détonations, on vit fondre tout-à-coup toute la neige du sommet; deux rivières qui prennent leur naissance près de là, furent un moment arrêtées dans leur course, puis causèrent une inondation très-étendue, roulant avec leurs eaux des pierres-ponces et des quartiers de rocs énormes. Leurs eaux furent infectées, et pendant quelque temps on n'y trouva aucun poisson. Ce volcan, peu connu des voyageurs qui ont jusqu'ici visité cette partie de l'Amérique méridionale, est distant de 40 lieues au moins de la mer (1).

Volcans des Antilles. — Les Antilles forment une chaîne d'îles qui s'étend en arc de cercle, dont l'extrêmité méridionale se rattache au cap Paria, dans l'Amérique méridionale, tandis que l'extrêmité septentrionale se lie à la Floride par les îles Bahama. Cette ligne est en communication avec la chaîne de montagnes primitives de Caracas, par l'intermédiaire, sans doute, des îles Tortuga et Margarita. Il existe un grand nombre de volcans, tous peu élevés, puisqu'il s'en trouve à peine qui atteignent six mille pieds. Ce sont

(1) Lettre de M. Roulin à l'Académie des Sciences, en date du 4 mai 1829, sur les circonstances qui accompagnent les tremblemens de terre en Amérique, dans la république de Vénézuéla. *Annales de Chimie et de Physique*, t. XLII, p. 410.

néanmoins de véritables volcans, et non de simples *solfatares* qui auraient cessé de brûler et ne produiraient plus que des vapeurs sulfureuses, comme quelques auteurs l'ont prétendu. L'expérience a démontré que l'action volcanique se faisait jour indifféremment par la Guadeloupe, Saint-Christophe, la Martinique ou Saint-Vincent. — Les îles volcaniques des Antilles se suivent toutes immédiatement, sans aucun intermédiaire; mais à l'est se trouve une autre rangée d'îles moins bien terminée, qui, jusqu'à présent, n'a offert que peu de traces de l'action du feu, et qui ne contient pas un seul volcan. Voici quelles sont les îles volcaniques :

Ile de la Grenade.—La *Morne-Rouge*, trois monticules coniques de 500 à 600 pieds de haut, consistent en scories et en matière vitrifiée; c'est vraisemblablement un cône d'éruption. Des colonnes de basalte, nommées les *Orgues*, se montrent sur deux points de la côte (1). Il y a beaucoup de sources d'eau bouillante.

Saint-Vincent.—Le *Morne-Garou*, volcan de l'île, et par conséquent la montagne la plus élevée, a 4,740 pieds (2). Il a jeté des laves en 1718 et en 1812. Le 27 avril de cette dernière année, des cendres sortirent du cratère; elles furent suivies de feu pendant la nuit; dans celle du 29, il vomit des flammes formant une pyramide élevée, et le 30, à sept heures du matin, la lave se fit issue à travers le flanc nord-ouest de la montagne; elle coula avec une telle rapidité qu'en quatre heures de temps elle atteignit le rivage de la mer. A trois heures, il y eut une terrible éruption de pierres

---

(1) Docteur Chisholm, *On the Melig. Fever of the West Indies*, 1812, t. II, p. 22.

(2) Doct. Chisholm.

et de cendres, provenant du grand cratère, qui détruisit toutes les plantations de l'île. Les cendres furent transportées, par le contre-courant supérieur des alizés, jusqu'à la Barbade, située à trente lieues plus à l'est. Cette éruption fut précédée de plus de deux cents secousses souterraines qui se firent sentir pendant plus d'une année (1).

Sainte-Lucie. — Le cratère nommé *Oualibou* se trouve sur une chaîne escarpée et stérile qui traverse l'île du nord-est au sud-ouest, mais qui a tout au plus 1,200 à 1,800 pieds de haut (2). Le tour du cratère est très-élevé et rapide, surtout au sud-ouest; des vapeurs sortent de tous les points, et s'élèvent le long des flancs. Le fond en est occupé par vingt-deux petits lacs dont l'eau paraît être dans un bouillonnement perpétuel; dans quelques-uns, l'agitation est si violente, que les vagues sont lancées à quatre et cinq pieds de haut. On trouve beaucoup d'endroits recouverts de soufre, et les ruisseaux qui sortent de la montagne contiennent beaucoup d'acide carbonique. On prétend que ce cratère a vomi des pierres et des cendres en 1766 (3).

La Martinique. — La *Montagne-Pelée*, dans le nord de l'île, contient un grand cratère ou une soufrière; elle a 4,416 pieds, selon Dupuget (4). D'autres petits cratères, s'élevant jusqu'à 3,000 pieds, prouvent qu'il y a eu des éruptions latérales. Le 22 janvier 1762, il y eut une petite éruption précédée d'un violent tremblement de terre, et on vit sortir des vapeurs sul-

---

(1) *Trans. of New-Yorck phil. Soc.*, 1815, t. I, p. 318.
(2) Humboldt, *Relat. hist*, II, p. 22.
(3) Cassan, *Stockh. Vetensk. Acad. nya Handl.*, t. XI, p. 163.
(4) *Journal des Mines*, t. VI, p. 58.

fureuses et de l'eau chaude. Le Piton du Carbet, au milieu de l'île, présente sur ses flancs des coulées de laves riches en feldspath, et des colonnes de basalte dans les fonds, entre ce pic et celui de Vaudlin, le troisième de l'île (1).

La Dominique.—Masse confuse de montagnes, dont les plus élevées ont 5,700 pieds de haut; elles contiennent plusieurs solfatares qui ne sont pas encore épuisées et qui causent fréquemment des éruptions sulfureuses (2).

Guadeloupe. — Le volcan ou soufrière situé au milieu de l'île a 4,794 pieds de haut, d'après Le Boucher, et 5,100 d'après Anico. Après que les Antilles eurent été ébranlées pendant l'espace de huit mois, il lança, le 27 septembre 1797, avec un grand bruit souterrain, des ponces, des cendres et d'épaisses vapeurs sulfureuses (3).

Mont-Serrat — La soufrière, sur les hauteurs de Galloway, a environ 3 à 400 pieds de long, et moitié autant de large. Une vapeur sulfureuse sort d'entre les pierres détachées du fond qu'elle échauffe, et l'eau qui passe en coulant près des crevasses s'échauffe presque jusqu'à l'ébullition, tandis que celle qui passe plus loin reste froide. Le soufre ne sort pas toujours des mêmes ouvertures; il s'en forme journellement de nouvelles, tandis que d'anciennes se ferment; c'est pourquoi toute la masse des roches environnantes est remplie de soufre. Il existe encore une autre soufrière semblable, à un mille de celle-ci (4).

---

(1) Moreau de Joannès, Humboldt, *Relat. hist.*, t. II, p. 22.
(2) Tuckey, *Marit. Geogr.*, t. IV, p. 272.
(3) Humboldt, *Relat. hist.* t. I, p. 316.
(4) Nugent, *Géol. Trans.*, t. I, p. 105.

Nevis possède un cratère remarquable qui émet des vapeurs sulfureuses et beaucoup de sources chaudes (1).

Saint-Christophe, ou *Saint-Kitts*. — Montagnes stériles et escarpées. La plus élevée, le Mount-Misery, a 3,483 pieds au-dessus de la mer; elle est formée de trachyte, et son sommet renferme un cratère très-complet (2). Cette île était autrefois fréquemment tourmentée par des tremblemens de terre; mais, depuis la grande éruption du mois de juin 1692, qui dura plusieurs semaines, le sol est tranquille ou rarement agité (3).

Saint-Eustache. — Cette île est formée par deux montagnes qui laissent entre elles un vallon très-resserré. Le sommet oriental, qui est conique et arrondi, a dix milles marins de tour; il contient un cratère qui, sous le rapport de la hauteur, de la circonférence et de la régularité, surpasse tous ceux des Antilles; aussi les Anglais le nomment le *Punchbowl* (4). On trouve autour des ponces pesantes et des roches de gneiss, mais peu de laves (5).

Volcans de Guatimala. — Ces volcans, dont les éruptions sont peu connues, ont excité de tout temps l'attention des navigateurs, à cause de leurs énormes dimensions, et surtout parce qu'ils semblent s'élever du fond de la mer jusqu'au delà de la région des nuages.

« La Grande Cordillère des Andes, dit M. de Buch, s'est tellement abaissée vers l'isthme qui joint les deux

(1) Docteur Chisholm.
(2) *Idem*.
(3) *Phil. Trans.*, t. XVIII, p. 99.
(4) Dupuget, p. 45.
(5) Issert, *Voyage à la Guinée*, p. 320.

grandes parties de l'Amérique, qu'à peine y reconnaît-on encore une chaîne de montagnes. Le partage des eaux entre Panama et le golfe du Mexique ne s'élève, selon M. Lloyd, que de 594 pieds de Paris, et les montagnes des environs ne surpassent pas 1,000 pieds de hauteur. Les volcans qui jusque-là étaient placés sur le faîte de la chaîne, descendent depuis la province de *Yeragua*, et suivent le pied de cette chaîne. En effet, ce qu'on peut encore appeler chaîne des Andes, dans l'Amérique centrale, s'étend beaucoup à l'est de la chaîne des volcans, et ceux-ci ne s'éloignent presque point des côtes de la mer; ils s'étendent dans la direction du sud-est au nord-ouest, qui est aussi la direction générale de la côte, avec une si grande régularité et une si grande constance, qu'on doit toujours se défier des volcans qu'on place dans les points qui sortent sensiblement de cette ligne, probablement produite par *une immense crevasse souterraine, par laquelle les forces intérieures se font jour, au moyen de ces cheminées gigantesques qu'elles ont élevées au-dessus de cette crevasse* (1). »

M. de Buch donne des détails sur vingt-huit volcans reconnus dans cette chaîne. Comme ils n'offrent aucun phénomène que nous n'ayons déjà décrit, et comme d'ailleurs ils sont pour la plupart fort peu connus, nous ne les reproduirons pas.

Volcans du Mexique. — Ces volcans ne présentent plus la même direction que les autres chaînes volcaniques du nouveau continent. Ils sont rangés sur une même ligne dirigée de l'est à l'ouest, qui coupe obliquement l'étroit continent de l'Amérique. Malgré son étendue, M. de Buch est tenté de la considérer comme

(1) De Buch, p. 501.

une faille subordonnée qui ne s'étend pas sur les flancs des grandes failles générales et qui ne se prolonge pas au-delà du continent restreint de Mexico. « Ce serait » alors, dit ce célèbre géologue, une sorte de fracture » oblique analogue à celle des volcans de Java, qui » s'étend obliquement à travers l'île, mais qui ne se » prolonge pas au-delà. »

Les volcans actifs sont au nombre de cinq :

Tuxtla, au sud-est de la Vera-Cruz. — Sa dernière éruption, qui fut très-considérable, eut lieu en 1793. Les déjections de cendres furent alors transportées jusqu'à Perote, à 57 lieues en ligne droite.

Pic d'Orizaba ou *Citlaltepetl* (Montagne Étoilée). —On ne connaît pas d'éruptions récentes. Les plus violentes ont eu lieu depuis 1545 jusqu'en 1566. On doit une très-belle vue de ce volcan à M. de Humboldt (1). Il a 16,302 pieds, suivant le même auteur (2). Les Indiens le nomment *Citlaltepetl* ou *Montagne Étoilée*, à cause des exhalaisons lumineuses qui sortent de son cratère et jouent autour de son sommet, couvert de neiges éternelles.

Popocatepetl (Montagne Fumante), ou *volcan de la Puebla*. — C'est la montagne la plus haute du Mexique ; son élévation est de 16,626 pieds. Ce volcan fumait déjà du temps de la conquête du Mexique. Il est toujours enflammé. De temps immémorial il n'a pas jeté de laves. Il eut, en 1530, une violente éruption. En 1804, il vomit une énorme quantité de cendres et de

---

(1) *L. c.*, tab. 17.

(2) *Tableau des régions équatoriales*, p. 148. — *Vues et Monumens*, p. 233.

fumée. Son cratère a une demi-lieue de circonférence, à ce qu'on dit; mais il est à présent inaccessible.

Jorullo ou *Xorullo*. — Le plus moderne de ces volcans, puisqu'il parut en 1759. Nous reviendrons plus loin sur les circonstances de son soulèvement. Ses éruptions ont continué sans interruption jusqu'en février 1760; il a maintenant moins d'activité. MM. de Humboldt et Bompland descendirent dans le cratère embrasé, jusqu'à 258 pieds de profondeur perpendiculaire, sautant sur des crevasses qui exhalaient de l'hydrogène sulfuré enflammé; ils parvinrent, après beaucoup de dangers, à cause de la fragilité des laves basaltiques et siénitiques, presque jusqu'au fond du cratère, où l'air était surchargé d'acide carbonique (1).

Colima. — C'est le plus oriental de tous. Il fume souvent et ne vomit maintenant que des cendres. Il a 8,619 pieds de haut, d'après l'estimation de don Manuel Abad (2). Dampier, qui le vit en éruption, dit qu'il a deux bouches cratériformes, qui étaient alors en activité simultanément.

Outre ces volcans actifs, on en connaît beaucoup d'autres qui sont actuellement éteints, tels que :

Le *Nauhcampa-Tepetl* ou *Coffre de Perote*, au nord du pic d'Orizaba. — C'est une montagne de trachyte, de 12,534 pieds de haut, qui représente un sarcophage antique surmonté, à une de ses extrêmités, d'une pyramide (3). Elle est entourée par des couches puissantes de ponce et de coulées de lave. Son sommet ne renfer-

---

(1) Humboldt, *Nouv. Esp.*, t. II, p. 290.
(2) *Idem*, p. 309.
(3) Humboldt, *Vues et Monumens*, pl. XXXIV.

mant pas de cratère, elle a dû nécessairement avoir des éruptions latérales.

L'*Iztacci-Huatl* (ou *Femme-Blanche*, la *Sierra-Nevada* des Espagnols), au nord et sur la même chaîne que le volcan de la Puebla, a 14,750 pieds.

Le *Nevado de Toluca* a 14,220 pieds. Il a été gravi, le 24 mars 1826, par M. Burkart (1). Son sommet, formé de trachyte, est escarpé et entouré d'un cratère qui contient deux lacs; il a un quart de lieue de diamètre, et sa profondeur, depuis le bord supérieur jusqu'au niveau de l'eau, est de 1,153 pieds de roi; la partie la moins basse à l'est en a au moins 550. L'eau des lacs n'a aucun goût particulier; cependant elle dépose du soufre sur le rivage.

Nous terminerons ici cette sorte de revue des volcans qui sont de nos jours en activité. On reconnaîtra facilement que les principales sources où nous avons puisé ces renseignemens sont les immortels travaux de M. de Buch et de M. de Humboldt, ainsi que les savantes recherches de M. Girardin, qui avait lui-même traduit une partie des mémoires de M. de Buch avant la traduction récente de M. Boulanger. Nous avons cru nécessaire de rapporter un grand nombre d'exemples d'éruptions volcaniques, afin que l'on puisse se faire une idée juste de la puissance actuelle du feu central ou de l'intensité des forces agissantes intérieures. Nous avons rapporté des faits sans chercher à en déduire des théories, parce que les faits sont incontestables et forment la base d'où il faut partir pour lier ensuite les phénomènes géologiques et remonter par l'analogie à

---

(1) *Karstens Arch.*, t. XV.

l'explication de ceux qui ne se produisent pas sous nos yeux.

C'est à dessein que nous avons omis de rappeler dans les pages précédentes toutes ces apparitions d'îles nouvelles qui ont lieu si fréquemment sur la terre; leur récit va commencer le chapitre suivant, entièrement consacré aux soulèvemens contemporains, ainsi qu'à ceux qui ont contribué à donner à la surface du globe le relief qu'elle présente aujourd'hui.

CHAPITRE VINGT-CINQUIÈME.

DES SOULÈVEMENS.

Les nombreuses descriptions que nous venons de reproduire sur les tremblemens de terre et les éruptions volcaniques ne peuvent laisser aucun doute dans notre esprit sur l'intensité des forces intérieures qui de temps en temps se manifestent à la surface. Nous voyons en effet très-souvent de nouvelles îles s'élever au-dessus des eaux, de nouvelles montagnes surgir au milieu des plaines, d'autres s'enfoncer tout-à-coup. La surface de la terre peut ainsi être modifiée de différentes manières, et si, par la pensée, nous augmentons l'intensité de ces forces volcaniques, il nous paraîtra vraisemblable que la plupart des montagnes et des grandes chaînes ont dû se former de la même manière de dedans en dehors, et à des époques entièrement différentes. Nous voyons bien aussi des montagnes qui sont évidemment les restes de terrains corrodés par des cours d'eau; mais ces inégalités du sol sont si petites et si peu étendues, relativement à ces grands systèmes de montagnes qui traversent les continens, que l'on ne peut nier, dans l'état actuel de nos connaissances, que les montagnes aient été créées par soulèvement. Lors même que certaines vallées paraissent simplement l'ouvrage des eaux courantes, il est encore présumable

qu'une fisssure produite par une dislocation antérieure a déterminé le point d'érosion et a, pour ainsi dire, tracé la marche du cours d'eau.

Comment d'ailleurs expliquer la présence de coquillages marins enfouis dans des couches calcaires, à des hauteurs égales à celle du Mont-Blanc? Comment supposer que la mer ait pu atteindre à une si prodigieuse élévation? Comment, d'ailleurs, concilier la création de ces dépôts dans une mer profonde avec l'inclinaison des couches qui les composent? De quelle manière se rendra-t-on raison des nombreuses dislocations du terrain et de ces longues séries de montagnes dont l'âge et la direction semblent coïncider? Il faut, pour expliquer toutes ces anomalies apparentes, considérer comme une vérité démontrée que les montagnes ont pour première origine de grandes dislocations du sol, déterminées par l'intensité des forces intérieures et par l'action de la partie incandescente du globe sur la croûte solidifiée.

L'idée de considérer les montagnes comme produites par soulèvement est loin d'être neuve; elle a été émise dès que l'on a cherché à deviner les causes des grands phénomènes de la nature, mais elle n'était appuyée sur aucune observation positive, Aujourd'hui une énorme masse de faits se réunissent pour la soutenir. Les travaux de deux grands géologues, M. de Buch et M. Elie de Beaumont, tout en dénudant la vérité de cette théorie, ont montré la véritable route à suivre dans les recherches de ce genre et ont donné par conséquent une face nouvelle à la géologie.

Les soulèvemens qui ont donné à la terre le relief qu'elle nous offre aujourd'hui, peuvent être rangés en deux grandes divisions : ceux qui se développent *autour d'un centre;* ceux qui s'étendent le *long d'une*

ligne. Ces deux sortes de soulèvemens peuvent se combiner et plusieurs centres peuvent suivre la même direction et dépendre d'une grande ligne.

On voit que ces deux modes de dislocation du sol sont déjà indiqués dans le chapitre précédent, par la division des bouches ignivomes en *volcans centraux* et *volcans alignés*.

Les soulèvemens centraux, plus connus sous le nom de *cratères* de *soulèvemens*, ont été soigneusement étudiés par M. de Buch; et chose fort singulière, leur existence est encore contestée par quelques géologues qui admettent pleinement la théorie des soulèvemens en ligne, comme si l'admission d'une théorie n'entraînait pas celle de l'autre. M. de Beaumont a publié sur ces derniers des mémoires du plus haut intérêt.

Nous allons d'abord passer en revue quelques soulèvemens contemporains et incontestables, et nous verrons si en nous éloignant insensiblement de l'époque actuelle, nous parviendrons, sans perdre le fil de l'analogie, à expliquer des phénomènes si éloignés des temps géologiques modernes.

SOULÈVEMENS DES TEMPS HISTORIQUES.

Les nombreux volcans qui existent sur la terre nous donnent tous les jours des exemples de montagnes qui s'élèvent ou s'abaissent; mais ce n'est qu'à la suite des siècles que ces différences s'aperçoivent, et, du reste. leur élevation est due à des matières qui sont rejetées par leur orifice et qui s'accumulent lentement. Ils nous offrent des *éruptions* et non des *soulèvemens*. On a vu cependant les forces volcaniques produire de véritables soulèvemens, et pour convaincre les personnes qui en douteraient, nous allons rapporter quelques exemples.

Un des plus récens est celui de l'île Julia, qui apparut il y a quelques années non loin des côtes de la Sicile. M. Prévôt en a lu la description à l'Académie des sciences.

« L'apparition de la nouvelle île fut précédée de tremblemens de terre nombreux et prolongés qui se manifestèrent vers la fin du mois de juin et qui furent ressentis sur une étendue de plus de 40 lieues, les uns en mer, par les navigateurs, et les autres le long des côtes méridionales de la Sicile. Ces secousses du sol, le plus souvent dirigées du sud-ouest au nord-est, furent souvent accompagnées de bruits très-forts, que les habitans comparaient à une longue canonnade entendue de loin.

Plusieurs jours avant les premières éruptions, la surface de la mer paraissait bouillante; les eaux étaient troubles et couvertes de poissons morts qui souvent ont été observés jusqu'à plus de 10 lieues du point central de tous ces phénomènes préliminaires. »

Les éruptions proprement dites ont commencé aux premiers jours de juillet par des vapeurs légères, qui peu à peu augmentèrent et finirent par former une colonne de 1,500 à 2,000 pieds de hauteur, sur 60 à 100 pieds de largeur. Ces vapeurs, chargées d'une odeur sulfureuse prononcée, s'élevèrent d'abord seules, puis furent mêlées de cendres et de fragmens de scories, dont la projection était intermittente et accompagnée de jets lumineux et d'éclairs qu'on a présumé être dus à un dégagement abondant de fluide électrique. C'est à la suite de ces projections multipliées de matières incohérentes et souvent incandescentes que les premières proéminences se sont montrées un peu au-dessus du niveau de la mer.

La formation de l'île fut progressive comme les pro-

jections de matières. Plusieurs proéminences isolées se dessinèrent d'abord d'une manière très-nette; bientôt elles s'accrurent de plus en plus, et leur réunion finit par former autour du centre d'éruption un bourrelet de matières meubles dont la forme changea continuellement, et qui, par des additions superficielles, s'éleva graduellement jusqu'à 200 pieds au moins, depuis sa base jusqu'au sommet. La masse de l'île n'offrait qu'un amas cratériforme de cendres, de sables pyroxéniques et de scories ordinaires, sans apparence d'aucune coulée de lave, et bien moins encore de strates de roches solides et continues que l'on aurait pu considérer comme un fond de mer soulevé en masse, soit continue, soit crevassée.

Enfin, après des éruptions intermittentes, semblables en tout aux précédentes, et qui ont duré depuis le milieu du mois de juillet jusqu'à la fin de septembre, l'île disparut insensiblement et successivement comme elle avait apparu, mais par une cause différente. Ce ne fut en effet ni par effondrement de sa masse, ni par abaissement insensible du sol sous-marin, mais par l'action des vagues qui, après avoir modifié le contour des bases du cratère, pendant les éruptions, continuèrent à saper les mêmes bases de tous côtés, provoquèrent l'éboulement successif des cendres, des rapilli et des scories incohérentes dont il était composé, et rasèrent définitivement ce frêle édifice en moins de deux mois de temps (1). »

M. Girardin a réuni plusieurs faits du même genre dans son savant mémoire sur les volcans.

« Les célèbres îles de Délos et de Rhodes, dit Pline

(1) *Institut*, 4e année, p. 74.

le Naturaliste, sont, d'après ce qu'on rapporte, nées dans les flots; ensuite on en a vu paraître de plus petites, telles qu'Anaphé, au delà de Mélos; Nea, entre Lemnos et l'Hellespont; Alone, entre Lébédos et Théos; Théra et Therasia, au milieu des Cyclades, la quatrième année de la 135e olympiade; Hiéra ou Automaté, située entre les deux précédentes, et formée cent trente ans après. De notre temps, cent dix ans après, sous le consulat de M. Junius Silanus et L. Balbus, le 8 avant les îdes de juillet (l'an 19 de notre ère), a paru Thia (1). »

L'île de Théra, depuis nommée Sainte-Irène, et enfin Santorini, est célèbre par le grand nombre d'éruptions qui se sont succédées autour d'elle et qui l'ont successivement agrandie. Voici en abrégé l'énumération des diverses révolutions qui ont eu lieu dans cette partie de l'Archipel :

La 4e année de la 135e olympiade, c'est-à-dire deux cent trente-six ans avant Jésus-Christ, l'île de Therasia (aujourd'hui Aspronysi) sortit du sein des flots et au milieu des feux. Un détroit d'une demi-lieue la sépare de Santorini. Cent trente ans après, l'an 106 avant Jésus-Christ, naquit près d'elle l'île Automaté, qui, depuis, ayant été consacrée à Vulcain, fut plus connue sous le nom d'*Hiéra* (Sacrée). Après un laps de cent dix ans, l'an 4 de l'ère chrétienne, il se forma semblablement une troisième île nommée Thia, à deux stades ou deux cent cinquante pas d'Hiéra (2). L'an 726, il y eut de violentes éruptions de cendres, de roches em-

---

(1) Pline, liv. XI, chap. 88 et 89.

(2) Voyez Pline; *loc. cit.*; Strabon, liv. I; Senèque. *Quæst. nat.*, II, c. 26, et VI, c. 21.

brasées et d'une grande quantité de laves, qui réunit Thia à Hiéra. En 1427, cette île s'accrut encore, toujours avec les mêmes phénomènes. Un marbre élevé près de la porte du fort Scarus ou Scauro, dans Santorini, atteste l'événement et sa date. Une sixième éruption, en 1570, donna une île nouvelle qu'on appela la Petite-Kameni, c'est-à-dire *Ile Brûlée*. En 1650, une éruption violente, qui dura près d'une année, tourmenta de nouveau ces parages. Le père Kircher a fait connaître tous les détails de cette éruption qui se fit ressentir au loin, puisque Smyrne et Constantinople furent incommodées des cendres qui s'étaient échappées, dans des tourbillons de flammes, du sein des eaux. Le 23 mai 1707, au lever du soleil, on vit en mer, à une lieue des côtes de l'île de Santorini, un rocher flottant. Des matelots le prirent pour un bâtiment qui allait se briser, et ils se dirigèrent vers lui dans l'intention de le piller. Arrivés auprès, et ayant vu ce que c'était, ils eurent le courage d'y descendre, et ils en rapportèrent de la pierre-ponce et quelques huîtres qui y étaient adhérentes. Au bout de quelques jours, il forma une petite île dont la grandeur augmenta de jour en jour. Le 14 juin, elle avait huit cents mètres de circuit et sept à huit de haut; elle était ronde et formée d'une terre blanche et légère. A cette époque, la mer commença à s'agiter, et il se fit sentir dans l'île une chaleur qui en empêcha l'accès; une forte odeur de soufre se répandit tout à l'entour. Le 16 juillet, on vit paraître tout près dix-sept à dix-huit rochers noirs; le 18, il en sortit pour la première fois une fumée épaisse, et on entendit des mugissemens souterrains; le 19, le feu commença à paraître, et son intensité augmenta graduellement. Dans les nuits, l'île semblait n'être qu'un assemblage de fourneaux qui vomissaient des flammes.

Son volume s'accroissait, et l'infection devint insupportable à Santorini. La mer bouillonnait fortement, et jetait sur les côtes des poissons morts; les bruits souterrains étaient semblables à de fortes décharges d'artillerie; le feu faisait de nouvelles ouvertures, d'où il sortait des pluies de cendres et des pierres enflammées qui retombaient quelquefois à plus de deux lieues de distance. Cet état de choses dura pendant un an (1).

En 1767, une nouvelle éruption eut lieu entre la Petite-Kameni et la Grande-Kameni (*Hiéra*). Elle commença avec le mois de juin, et, après dix ou douze jours de travail, une île nouvelle sortit dans le voisinage de la Petite-Kameni. Pendant quatre mois, des phénomènes terribles se succédèrent : des portions considérables de la Petite-Kameni furent englouties; mais d'autres se formèrent, et enfin une seconde île apparut et vint se réunir à celle produite en juin. On la nomma l'*Ile Noire*, de la couleur de son sol. Jusqu'à la fin de mai de l'année suivante, le travail souterrain continua, et, le 15 avril, il y eut une éruption de grosses pierres enflammées qui s'abattirent à deux milles de distance (2).

Les Açores, découvertes dans le quinzième siècle, sont toutes de nature volcanique, et ont présenté, à diverses époques, les mêmes phénomènes que l'Archipel

---

(1) *Mémoires de l'Académie des Inscriptions*, t. III; et *Mémoires de l'Académie des Sciences*, année 1708.

(2) Voir, pour plus de détails, la dissertation de M. Raspe, intitulée : *Specimen Historiæ naturalis Globi terraquii, præcipuè de novis è mari natis insulis*; la *Chorographie de la Grèce*, par Malte-Brun, au tome X de sa *Géographie universelle*, et les plans de ces îles et du golfe, dans *le Voyage pittoresque de la Grèce*, par M. de Choiseul.

grec. Quatre éruptions, qui ont eu lieu dans un intervalle de cent soixante-treize ans, très-près de Saint-Michel, la plus grande des îles de ce groupe, ont prouvé l'existence en cet endroit d'un volcan sous-marin. Le 11 juin 1638, pendant un violent tremblement de terre, on vit, non loin de Saint-Michel, des flammes et des bouffées de fumée sortir de la mer agitée; des matières terreuses et des blocs de rochers, lancés en l'air, retombaient dans la mer, où ils surnageaient, et peu après il se forma une île qui avait deux lieues et demie de long et plus de trois cent soixante pieds de haut. Elle ne tarda pas à disparaître complètement (1). Le 31 décembre 1719, à la suite d'un grand tremblement de terre et des symptômes les plus effrayans, il en naquit une nouvelle entre Terceira et Saint-Michel; elle jetait beaucoup de fumée, de cendres et de pierre-ponce; un torrent de lave enflammée descendait de ses flancs escarpés; le fond de la mer voisine fut trouvé très-chaud. La hauteur de l'île, qui était d'abord assez considérable pour qu'on pût l'apercevoir à sept ou huit lieues en mer, baissa bientôt au point qu'en 1722 elle était déjà à fleur d'eau; elle disparut complètement le 17 novembre 1723. On dit que cette île était à douze milles et demi marins de la terre (2). Le capitaine Forster a laissé une description de cette dernière érup-

---

(1) *Wicquefort's Mandelsloh*, t. II, p. 707; Cordeyro, *Histotoria des islas sujetas o Portugal*, p. 140; Kircher, *Mund. subterr.*, t. I, lib. II, cap. 12, p. 82; Gassendus, *de Vita Epicuri*, t. II, p. 1050.

(2) D'Anville, *Carte d'Afr.*, 1749; Fleurieu, *Flore*, t. I, p. 565; Atkines, *Voyage*, Londres, 1735, p. 28; De Montagnac, *Mém. de l'Académie des Sciences de Paris*, 1722, p. 12; Codrouchi, *Comment. Bonon.*, t. I, p. 205.

tion (1). Pendant les mois de juillet et d'août 1810, Saint-Michel souffrit de violens tremblemens de terre; le 31 janvier 1811, une secousse très-violente, et bientôt après une très-forte odeur sulfureuse, annonça la rupture du sol du côté est de l'île, vis-à-vis le village de Ginetas, à deux milles anglais du rivage. De la fumée, des cendres, de l'eau et des terres furent projetées hors de la mer; la fumée s'élevait par grandes masses à quelques centaines de pieds, et les pierres lancées au-dessus jusqu'à deux mille pieds. Lorsque ces dernières sortaient de l'eau, elles étaient toutes noires; mais aussitôt qu'elles dépassaient les colonnes de fumée, elles devenaient incandescentes. L'éruption dura ainsi pendant huit jours; alors elle cessa, et on vit à sa place un banc contre lequel se brisaient les flots de la mer, là où auparavant on ne trouvait le fond qu'à 60 ou 80 brasses. Une seconde éruption eut lieu, le 15 juin de la même année, à deux milles et demi anglais, à l'est de la première, et à un mille de terre, vis-à-vis le Pico das Camarinhas; alors parut une île qui avait un mille de tour et trois cents pieds de haut. Elle consistait en un cratère d'une forme agréable, qui présentait une ouverture vers le sud-est, d'où sortait de l'eau chaude qui se rendait dans la mer. Le capitaine Tillard, qui visita cette île, le 4 juillet, et l'appela *Sabrina,* du nom de son bâtiment, dessina cette vue telle qu'on l'apercevait du rivage, ainsi que le plan et la perspective de cette île merveilleuse (2). Le consul anglais Read a

---

(1) *Mémoires de l'Académie des Sciences*, année 1721; *Phil. transact.*, 1722, t. XXXII, p. 100.

(2) *Philosof. transact. of the royal Society of London*, for 1812, p. 152.

fait connaître qu'en octobre cette île avait commencé à disparaître peu à peu, et que, vers la fin de février 1822, on ne voyait plus que de la vapeur sortir de temps en temps de la mer, à l'endroit où l'île avait précédemment existé.

Le singulier Porto de Itheo, près Villa-Franca, ressemble en tout à Sabrina, et paraît avoir la même origine. Les vaisseaux y mouillent au milieu du cratère, et y entrent par cette crevasse propre à tous les cratères semblables. Les bords de ce cratère s'élèvent à 4,000 pieds, et sont formés de tuf, et non de substances compactes, dans lequel des morceaux de lave, de scories et de ponce se trouvent mélangés (1).

Pendant le grand tremblement de terre de 1757, qui bouleversa l'île de Saint-George ou Saô-Jorge, et fit périr quinze cents personnes, ou un septième de la population, on vit, selon plusieurs témoignages authentiques, mais peu circonstanciés, dix-huit îlots sortir de la mer à 300 toises du rivage (2).

Selon une tradition portugaise, très-obscure il est vrai, l'île entière de Corvo serait sortie de la mer à la suite d'une éruption volcanique.

Le capitaine Kotzebue a donné les détails suivans sur la formation subite d'une île dans le voisinage d'Umnak, une des îles Aleutes, dans la région nord-ouest de l'Amérique (3). Le 7 mai 1796, M. Krinckhoff, agent de la compagnie russe-américaine, se trouvait sur

---

(1) On voit un dessin de *Porto de Itheo* dans l'*History of the Azores*, 1813, p. 80 et 82, de Thomas Ashe, et sur la belle carte de *Saint-Michel*, du consul Read, Londres, 1808.

(2) *Mercure de Madrid*, décembre 1757.

(3) *Endeck Reise*, t. II, p. 106.

la pointe nord-est de Umnak ; une tempête soufflant du nord-est ne permettait pas de voir en mer. Le 8, le temps s'éclaircit ; on vit, à quelques milles du rivage, une colonne sortir de la mer, et, vers le soir, quelque chose de noir s'élever au-dessous de la fumée. Pendant la nuit, il sortit du feu de la même place, quelquefois avec une intensité telle qu'à dix milles du lieu de l'éruption on distinguait parfaitemement tous les objets. Alors un tremblement de terre, accompagné d'un bruit effroyable qui fut réfléchi par les montagnes du sud, ébranla tout le sol ; l'île naissante lança des pierres jusques sur Umnak. Le tremblement de terre cessa au lever du soleil ; le feu diminua, et on vit paraître la nouvelle île, d'une couleur noire et d'une forme conique. Un mois après, M. Krinckhoff la revit : elle était plus élevée ; pendant tout ce temps elle n'avait cessé de vomir du feu. Depuis cette époque elle paraît encore avoir acquis en circonférence et en hauteur ; mais les flammes ont été en diminuant. Elle ne lançait plus ordinairement que des vapeurs et de la fumée ; quatre ans après, celle-ci même disparut. Enfin, huit ans plus tard, en 1804, des chasseurs visitèrent cette île ; toutes les eaux étaient à une température élevée, et le sol si chaud que, dans beaucoup d'endroits, il était impossible de marcher dessus. Un Russe dit que sa circonférence, qui avait encore augmenté, était de deux milles et demi ; son élévation de trois cent cinquante pieds ; que le fond de la mer était parsemé de pierres jusqu'à une distance de trois milles. Depuis le milieu de la hauteur jusqu'au sommet, il trouva le sol chaud, et la vapeur qui sortait du cratère lui parut d'une odeur agréable (peut-être à cause du pétrole). A quelques centaines de brasses au nord de l'île, se trouve un rocher élevé, en forme de colonne, qui

avait été vu par Cook et ensuite par l'amiral Saritschew. Son élévation, si on la compare à sa circonférence, est vraisemblablement plus considérable qu'on ne vient de l'indiquer; elle devrait être de quelques milliers de pieds : aussi Langsdorf dit qu'elle paraît d'une hauteur moyenne. Lorsque ce voyageur l'aperçut, le 18 août 1806, on voyait sur sa partie nord-ouest quatre cônes disposés en échelons; le plus grand avait de tous côtés la forme d'une colonne et s'élevait perpendiculairement (1). Elle fut encore visitée, en avril 1806, par des voyageurs partis d'Unalaschka (Elle est évidemment située à quarante-cinq werstes à l'ouest de la pointe septentrionale de cette île). On employa six heures pour en faire le tour en ramant, et un peu plus de cinq heures pour arriver en droite ligne du rivage au sommet du pic. Il brûlait du côté du nord, et il en sortait une lave molle qui coulait depuis le sommet jusques dans la mer. Du côté du sud, le sol était froid et plus uni. On remarquait sur les flancs de la montagne beaucoup d'ouvertures et de crevasses lançant de grandes quantités de vapeurs qui déposaient du soufre. On s'apercevait encore, à cette époque, que l'île continuait à croître en circonférence et le pic en hauteur.

Vers la fin de l'année 1780, à dix lieues de Reikianess, sur la côte sud-ouest de l'Islande, des flammes sortirent pendant plusieurs mois de la mer, et on vit une île s'élever. Cette île jeta des flammes et des pierres-ponces; mais elle disparut bientôt. Aussitôt que ces flammes cessèrent, la grande éruption de Skaptar-Jockul eut lieu. Pendant ce temps, une grande quantité de

---

(1) *Langsdorff's Reise*, t. II, p. 209.

ponce fut lancée sans interruption sur les rivages de Guldbringe et du Snafialls-Syssel (1).

Le Kamtschatka a été témoin, à plusieurs reprises, de phénomènes semblables; la dernière éruption connue est celle du 10 mai 1814, qui donna naissance à une petite île qui vomissait du bitume par plusieurs ouvertures(2).

Le Japon a donné lieu aussi à des phénomènes analogues.

« Dans le district d'*Aso*, dans l'intérieur du Figo, est le volcan *Aso-Noyama*, qui jette des pierres et des flammes; celles-ci sont de couleur bleue, jaune et rouge. Enfin, la province la plus méridionale du Kiousiou, nommée *Satsouma*, est entièrement volcanique et imprégnée de soufre; les éruptions n'y sont pas rares. En 764 de notre ère, trois nouvelles îles sortirent du fond de la mer qui baigne le district de *Kaga-Sima*; elles sont à présent habitées. Au sud de la pointe la plus méridionale du Satsouma est *Iwo-Sima* (l'île de soufre) qui brûle perpétuellement.

Le phénomène le plus mémorable au Japon, arriva l'an 285 avant notre ère; alors un immense éboulement forma, dans une seule nuit, le grand lac nommé *Mitsou-Oumi* ou *Biva-no-Oumi*, situé à l'Omi, province de la grande île de Nifon, et auquel Kœmpfer et nos cartes donnent le nom de *Lac d'Oïtz*. Dans le même moment, le Fousi-Noyama, dans la province de *Sourouga*, qui est la plus haute montagne du Japon, s'éleva du sein de la terre. Du fond du lac *Mitsou-Oumi* sortit,

---

(1) Mackensie, *Travels*, p. 565; M. de Loevenoern, *Lettre sur l'Ile-Nouvelle*, Copenhague, 1787.

(2) *Annals of Phylosophy*, 1814.

dans l'année 82 avant Jésus-Christ, la grande île de *Tsisikou-Bosima*, qui existe encore (1). »

Tout le monde sait qu'en 1558, les 28 et 29 septembre, il se forma, dans le lac Lucrino, dans les Champs Phlégréens, un volcan qui reçut le nom de *Monte-Nuovo* et qui forme aujourd'hui une montagne de huit mille pieds de circonférence à sa base et de quatre cents de hauteur. (*Fig.* XXVII.)

Un phénomène bien plus important et plus curieux par les détails se manifesta au Mexique. C'est l'apparition du volcan de Jorullo et de tout le terrain environnant.

Dans la nuit du 28 au 29 septembre 1759, un terrain de trois à quatre milles carrés, situé au milieu d'une plaine, entre le volcan de la Puebla et celui de Colima, à trente-six lieues des côtes et à quarante-deux lieues de tout volcan actif, se souleva en forme de vessie. Au centre d'un millier de cônes enflammés, six montagnes de quatre à cinq cents mètres s'élevèrent subitement au-dessus du niveau primitif des plaines voisines. La principale, le volcan de Jorullo, a 3,703 pieds; elle s'est élevée, en un seul jour, de 1,480 pieds.

Les éruptions de ce volcan continuèrent jusqu'en février 1760. Le bord du cratère principal atteint 4,029 pieds d'élévation. Les éruptions sont sorties d'en haut par une fente. Elles ont maintenant tout-à-fait cessé et c'est à peine si le volcan fume encore. (*Fig.* XXXVI.)

Entre les Sporades, des roches de trachyte se sont élevées du fond de la mer, et ont formé des îles semblables à cette île des Açores, qui, dans un espace de trois siècles, s'est montrée périodiquement à des in-

---

(1) Klaproth, dans Humboldt, *Fragmens Asiatiques*, tome I, p. 222.

tervalles presque égaux. Entre Epidaure et Trézène, près de Méthrone, dans le Péloponèse, se trouve un Monte-Nuovo, décrit par Strabon, et revu par Dodwel. Il est plus haut que le Monte-Nuovo des Champs Phlégréens, près de Baies, peut-être même plus haut que le nouveau volcan de Jorullo (1).

On connaît aussi plusieurs soulèvemens tout-à-fait indépendans d'actions volcaniques extérieures. Nous avons déja cité l'élévation graduelle de la côte du Chili, qui s'opéra le 19 novembre 1822, et qui fit périr un si grand nombre de coquillages adhérens aux roches qui s'élevèrent et restèrent au-dessus des eaux.

Certaines côtes de la Suède et de la Norwège s'élèvent aussi d'une manière graduelle par une cause sans cesse agissante et non instantanée comme celle qui, à plusieurs reprises, a soulevé les côtes du Chili. Des observations nouvelles semblent prouver que, par une sorte de compensation, les rivages du Groënland s'abaissent, et des cabanes construites près de l'Océan sont maintenant recouvertes par ses eaux.

En Italie, le temple de Sérapis, près Naples, prouve que le sol peut être successivement abaissé et soulevé. Après la construction du temple, le terrain s'est affaissé au point que les colonnes portent jusqu'à la hauteur de 24 pieds des traces du séjour de l'eau marine, et ont même été sur plusieurs points attaquées par des coquillages qui peuvent creuser la pierre et s'y loger. Sans que les colonnes aient été renversées, elles sont maintenant revenues presque à leur ancien niveau ; car le pavé du temple n'est plus recouvert que d'environ un pied d'eau.

---

(1) Humboldt, *Tableaux de la Nature*, t. II, p. 165.

Si nous avons pu, sur quelques points du globe, être témoins de ces soulèvemens actuels, nous devons supposer qu'ils ont eu lieu également dans un grand nombre de contrées, depuis l'existence de l'homme sur la terre, et par conséquent à une époque que nous pouvons appeler contemporaine, si nous ne pouvons lui donner le titre d'historique. C'est ainsi que M. Murchison a observé sur les côtes orientales et occidentales de l'Angleterre des dépôts de sable et d'argile contenant des espèces marines encore existantes, et il pense que le sol de l'Angleterre, ou du moins ses côtes ont subi une élevation qui date d'une époque récente.

Si l'on peut découvrir, dit M. Murchison, de tels phénomènes dans cette île où les forces souterraines ont si peu d'intensité, quels résultats ne doit-on pas attendre des observations, dans les contrées où les volcans et les tremblemens de terre sont si fréquens et produisent tantôt des élévations et tantôt des abaissemens (1)?

M. Boblaye a constaté, dans la Morée, l'existence de quatre ou cinq rangs bien distincts de roches marines, dont les différens niveaux sont marqués dans les escarpemens des pierres calcaires par des perforations lithotomiques dues à l'action de la mer.

Dans une des Hébrides, l'île de Jura, le capitaine Vetch décrit 6 ou 7 terrasses, ou lignes d'anciennes plages, qui paraissent s'être élevées successivement au-dessus du niveau actuel de l'Océan. La plus basse se trouve à la hauteur des hautes mers, et la plus élevée est environ à 40 pieds au-dessus. Ces terrasses, ou anciennes plages, reposent en partie sur le roc nu, et en partie sur un dépôt épais composé d'argile, de sable et

(1) *Société géologique de Londres*, séance du 15 février 1833.

de fragmens anguleux de quarz ; leur continuité est çà et là interrompue par les torrens des montagnes, ou par l'action de la mer sur le dépôt qui les supporte ; on les voit très-bien au lac Tarbert. La largeur de cet ensemble de plages anciennes varie suivant la disposition du sol ; lorsque celui-ci présente des pentes rapides, elle peut s'élever à cent yards ; mais lorsque les pentes sont douces, comme sur le côté septentrional du lac, elle s'étend jusqu'à trois quarts de mille du bord de le mer. Ces plages en terrasses sont formées de cailloux arrondis et polis de quarz blanc de la grosseur d'un coco ; ils sont tout-à-fait semblables à ceux qui forment la plage actuelle au bord de l'Atlantique, dans cette partie de l'île ; et, d'après leurs formes, ils doivent avoir été produits par l'action réunie des vagues et des marées. A l'appui de cette opinion, le capitaine Vetch rapporte, qu'en suivant le bord septentrional du lac Tarbert, on trouve une série de cavernes toutes situées au même niveau, et à une hauteur considérable au-dessus de la mer ; et comme jamais, dans les roches de quarz des îles d'Isla, de Jura et de Fair, il n'a observé aucune autre caverne que celles qui se trouvent sur le bord de la mer, il les considère comme ayant été de même produites par l'action des vagues (1).

M. de la Marmora a remarqué sur les rivages de la Sardaigne des terrains littoraux qui renferment des débris de poterie mélangés à des coquilles dont les identiques vivent sur la côte elle-même. Il a trouvé ces dépôts jusqu'à cinquante mètres au-dessus du niveau de la mer. Entre autres objets, il a remarqué une boule de terre cuite, de la grosseur d'une pomme, percée

(1) Labèche, *Manuel de Géologie*, p. 199.

dans son milieu, comme pour y laisser passer une corde. M. de la Marmora croit que cette boule peut avoir appartenu à des pêcheurs qui l'employaient en guise de plomb pour lester leurs filets, lorsqu'ils voguaient au-dessus de ces lieux, qu'un changement de niveau a mis à sec (1).

M. Brongniart a indiqué aussi (2) un grand nombre de localités où des dépôts de terrains tout-à-fait semblables à ceux qui se forment journellement sous nos yeux, se trouvent situés à des hauteurs remarquables et attestent un soulèvement récent des côtes des continens. Il cite ceux de St-Michel-en-Lerme, dans la Charente-Inférieure, soulevés à 15 mètres, ceux de Nice à 17, ceux de Catane à 10. Il en a rencontré aussi en Ecosse, sur les rives de la Clyde, soulevés de 4 à 12 mètres; mais de toutes ces observations, les plus curieuses sont celles qui ont été faites tout récemment en Scandinavie par M. Keilhau. Les traces de soulèvement que M. Brongniart avait parfaitement reconnues en Suède par la présence de balanes encore attachées aux roches de Uddevalla, à 200 pieds de hauteur, ont été reconnues aussi par M. Keilhau, dans un lieu appelé Hellesaaen, à 8 lieues environ de la côte et à une élévation de 430 pieds au-dessus des eaux. Ce savant ajoute qu'en plusieurs endroits il a retrouvé, à des distances et à des élévations plus ou moins grandes, d'anciennes lignes de rivage, dont les cailloux et surtout les coquilles encore vivantes dans les eaux et si bien conservées dans les dépôts, ne peuvent laisser aucun doute sur l'époque contemporaine de ces soulèvemens. 50 es-

---

(1) C. A. de La Marmora, *Journal de Géologie*, t. III, p. 309.
(2) *Tableaux des Terrains*, p. 87.

pèces recueillies dans ces terrains élevés appartiennent toutes à des espèces encore existantes.

Au Spitzberg, des couches semblables à celles qui se forment sur les côtes ont été observées à plus de 20 pieds au-dessus des eaux, en sorte que toute cette partie du nord de l'Europe semble soumise à la même action intérieure.

Outre les anciennes lignes littorales et les dépôts marins, M. Keilhau cite encore comme une preuve concluante de l'élévation du sol, l'abaissement des limites de la végétation sur les hautes montagnes. On trouve des racines d'arbres où croissent à peine aujourd'hui des arbrisseaux; des forêts de pins sylvestres se terminent sur les flancs des montagnes par des lignes d'arbres verts, qui cependant sont restés debout pendant bien des siècles (1).

DE L'AGE DES SOULÈVEMENS.

Dès qu'il est démontré que des soulèvemens ont encore lieu de nos jours, il ne peut répugner d'admettre que les mêmes phénomènes se sont reproduits à des époques différentes, d'autant plus que tous les faits viennent déposer en faveur de cette hypothèse; mais avant de rechercher quelles ont été les principales époques de ces grandes actions géologiques, il nous importe de connaître les caractères au moyen desquels on peut déterminer leur âge.

La croûte solide de la terre a dû être souvent fracturée, des communications fréquentes ont dû s'établir en-

(1) *Institut*, 4e année, p. 201.

tre l'intérieur et l'atmosphère, et de là sont résultés deux genres de phénomènes que l'on confond souvent, quoique l'un soit la cause et l'autre l'effet. Ce sont les *éruptions* et les *soulèvemens*. Lorsqu'une matière solide ou gazeuse s'est fait jour pour se verser au dehors, comme le font maintenant les laves et les vapeurs des volcans, il y a eu *éruption ;* mais pendant que les matières faisaient effort pour sortir, et que les croûtes cédaient, il y a eu *soulèvement :* de sorte que souvent, et peut-être toujours un soulèvement quelconque, *linéaire* ou *central ;* a été déterminé par une éruption qui peut dans certaines circonstances n'être pas parvenue jusqu'au jour, à cause de la résistance de la masse soulevée. Si l'éruption s'est fait jour, le soulèvement a dû cesser, ou du moins diminuer d'intensité, comme une soupape ouverte anéantit la force d'une machine à vapeur. Cette tension du dedans au dehors s'est manifestée sur la terre à toutes les époques ; sa croûte a été percée et soulevée sur une foule de points et de lignes, et il est résulté des soulèvemens, des chaînes et des groupes de montagnes, des éruptions, des filons, des dykes et des massifs de roches cristallisées qui se sont injectés au milieu des terrains préexistans, ou qui les ont traversés pour se répandre à leur surface.

L'âge des montagnes soulevées devient donc très-difficile à établir. On sait que les roches cristallisées sont plus anciennes les unes que les autres : ainsi généralement le granite s'est montré avant le porphyre, celui-ci avant le basalte, cette dernière roche avant les laves modernes, et ainsi de suite ; mais ces connaissances, nous ne les avons acquises qu'en comparant la position de ces roches entr'elles, et avec les dépôts de sédiment. Or, c'est précisément l'étude relative de la stratification qui a permis à M. Elie de Beaumont de détermi-

ner, comme nous le verrons par la suite, un certain nombre de ces grandes époques géologiques.

Les terrains stratifiés ou de sédiment servent de chronomètre pour toutes ces recherches. Ils offrent en effet pour cet usage trois caractères qui, isolés, peuvent rarement induire en erreur, et qui, réunis, équivalent à une démonstration rigoureuse.

1° Les plus anciens sont ceux qui sont situés le plus profondément, et ceux qui les recouvrent sont toujours plus nouveaux;

2° La plupart contiennent des débris de corps organisés, dont l'époque d'existence a été préalablement déterminée par l'ordre de superposition des couches;

3° Ces terrains ayant été en suspension dans l'eau, ont dû se déposer en couches plus ou moins distinctes, et sensiblement horizontales.

Une étude sérieuse de la stratification peut donc suffire pour déterminer l'âge d'une chaîne ou d'un groupe de montagne.

Lorsque nous verrons, comme dans la figure XXVIII, des couches de sédiment reposer bien horizontalement dans un bassin situé entre deux chaînes de montagnes, nous en conclurons que le soulèvement de ces montagnes avait eu lieu avant le dépôt de ces couches.

Si, comme dans la figure XXIX, les couches sont adossées d'un côté sans l'être de l'autre, nous supposerons avec raison que le dépôt était formé avant le soulèvement d'une des deux chaînes, mais qu'il est antérieur à l'apparition de l'autre série des montagnes.

Si enfin des couches de sédiment se trouvent adossées en sens inverse de chaque côté d'une montagne, ou l'enveloppent en s'élevant sur ses flancs jusqu'à une certaine hauteur, on sera bien plus sûr encore que le

soulèvement est postérieur au dépôt, comme dans la figure XXX.

Cette disposition prouvera qu'après le dépôt des roches de sédiment dans un vaste bassin, un soulèvement s'est opéré au milieu, a disloqué les couches préexistantes, et les a soulevées sous une angle plus ou moins aigu. Il pourra même se faire que le soulèvement ayant eu son entier effet, une éruption ait eu lieu, et ait recouvert une partie des roches de sédiment par des roches cristalisées, qui cependant presque toujours se trouvent au-dessous, excepté dans les éruptions volcaniques modernes. (*Fig.* XXXI.)

On conçoît aussi que le soulèvement ayant été très-intense et limité à une bande étroite, ou ayant eu lieu d'une manière inégale, comme cela arrive le plus souvent, une partie des couches pourra être bien plus redressée que l'autre, et approcher même de la position verticale. (*Fig.* XXXII.)

La science des géologues ne se borne pas à distinguer si tel soulèvement s'est opéré avant ou après le dépôt des terrains de sédiment, elle leur permet de déterminer l'âge d'une manière plus rigoureuse.

On sait, en effet, par une longue suite d'observations, par l'étude minutieuse des débris organiques, et notamment des coquilles, par l'examen des roches et des minéraux qu'elles renferment, on sait que les terrains de sédiment, loin de s'être déposés en même temps, se sont lentement succédés à des époques diverses, et le mode de cette succession est très-bien connu.

Si nous trouvons par conséquent trois sortes de terrains de sédiment, dont le dernier composé de cailloux roulés est extrêmement moderne, soulevés tous trois, et appliqués contre une montagne, nous saurons que cette montagne est une apparition nouvelle, puisqu'elle a dé-

rangé, en sortant de la terre, des couches horizontales qui veniaent de s'y déposer. (*Fig.* XXXIII).

Mais si au lieu de trouver toutes les couches déplacées et appliquées contre des roches nouvellement sorties, nous voyons qu'une partie seulement des terrains est relevée, et que l'autre s'étend horizontalement (*Fig.* XXXIV), nous comprendrons de suite que le soulèvement a eu lieu après la formation du premier terrain, avant le dépôt du second : c'est comme si l'on nous disait qu'une personne que nous attendons n'était pas arrivée à midi, mais qu'elle était rendue à une heure. L'heure précise ne nous serait pas indiquée, mais notre incertitude n'aurait que des limites très-étroites.

Nous connaissons donc par ces observations le temps approximatif employé à chaque soulèvement, lorsque nous pouvons déterminer sûrement si la stratification des terrains soulevés concorde avec celle des couches qui sont restées horizontales. Ainsi la figure précédente nous offre un exemple de deux terrains de sédiment dont la stratification est discordante, et ce mode de jonction des couches nous indique qu'il s'est écoulé un laps de temps assez considérable entre le dépôt des couches soulevées et de celles qui ne le sont pas; ou en d'autres termes, que le soulèvement de cette chaîne a détruit les circonstances sous lesquelles le premier dépôt avait lieu, et que de nouvelles existaient quand les couches horizontales se sont formées.

Si au contraire, comme dans la figure XXXV, il y a passage insensible d'un terrain vertical ou incliné à un autre horizontal, si la stratification reste concordante, on aura la preuve que le soulèvement s'est effectué, de manière à ne rien changer aux circonstances géologiques pendant lesquelles les sédimens s'opéraient.

A ces considérations générales sur l'âge des soulève-

mens, M. Elie de Beaumont en joint d'autres tirées de la direction, ou plutôt du parallélisme des chaînes. Ces données ne peuvent s'appliquer aux soulèvemens centraux, qu'autant qu'ils sont eux-mêmes distribués en séries. M. de Beaumont pense que toutes les chaînes qui sont sorties à une même époque sont parallèles, comme le sont les grands cercles qui divisent une sphère, en se réunissant tous en deux points différens. Il considère la terre comme traversée par plusieurs systèmes de rides, qui appartiennent chacun à des époques distinctes qu'il a indiquées dans son beau travail sur les soulèvemens de l'Europe.

CHAPITRE VINGT-SIXIÈME.

DES SOULÈVEMENS CENTRAUX
OU DES CRATÈRES DE SOULÈVEMENT.

Les nombreux exemples de créations nouvelles que nous avons rapportés, nous ont prouvé que des îles et des montagnes pouvaient encore s'élever de nos jours, tantôt par des soulèvemens, tantôt par des éruptions, deux classes de phénomènes qu'il faut soigneusement distinguer, et dont les résultats sont bien différens. En effet, toutes les recherches qui ont été faites, toutes les mesures qui ont été prises avec quelques soins, prouvent que les éruptions, en s'accumulant pendant des siècles, ne peuvent produire que de très-petites élévations de terrains. Les matières incohérentes rejetées par les bouches volcaniques retombent presque toutes sur l'orifice dont elles sont sorties, et forment tout autour une sorte de bourrelet de scories, dont les pentes varient ordinairement de 20 à 40 degrés. Jamais ces produits ne s'étendent au loin, à moins d'être entraînés par les eaux ou par les vents, et dans aucun cas ils ne peuvent former des montagnes considérables. Les cônes à cratère, qui sont le résultat de ce mode de formation, ne présentent d'ailleurs aucune forme durable; s'ils s'élèvent par de nouvelles accumulations, ils se détruisent aussi avec la plus grande facilité, et une seule secousse peut engloutir une masse que plu-

sieurs siècles ont formée. C'est ce que l'on voit sur l'Etna et le Vésuve, dont les cônes ne se sont pas élevés depuis plusieurs siècles, quoique leurs éruptions soient assez fréquentes. M. Elie de Beaumont vient du reste de mettre ce fait tout-à-fait hors de doute pour l'Etna. Il a remarqué un petit monument, la *Torre del philosofo*, situé sur la plaine même qui supporte le cône, monument qui date de plusieurs siècles, et dont la base est à peine ensevelie par les produits que lance l'Etna, tandis qu'il devrait être couvert depuis long-temps si les éruptions pouvaient, comme quelques géologues le supposent, exhausser le sol d'une manière remarquable. Le Nil qui, selon M. Girard, exhausse chaque année la vallée dans laquelle il coule de 1^{m} 260 en mille ans, travaille bien plus efficacement, dit M. de Beaumont, à cacher sous ses alluvions les monumens de Thèbes et de Memphis, que l'Etna à ensevelir sous ses déjections la *Torre del philosofo* (1). Si au lieu de former un cône de scories sur une montagne préexistante, l'accumulation des matières incohérentes se fait au milieu des eaux, il est rare que l'élévation qui en résulte ne soit pas bientôt entraînée par les vagues, et l'exemple tout récent de l'île Julia nous prouve que les îles formées par accumulation de matières, se détruisent et disparaissent presqu'aussitôt que l'éruption cesse de déposer de nouveaux produits sur la pente du cratère.

Les soulèvemens présentent un caractère tout différent. Ils peuvent se terminer par une éruption, mais le terrain commence par se soulever et se bomber d'une manière plus ou moins prononcée.

---

(1) Élie de Beaumont, Recherches sur le mont Etna. *Annales des Mines*, t. IX, 594.

La plupart des îles qui ont été soulevées au-dessus des flots, ont paru à la surface avant de jeter des flammes et avant que l'éruption ait pu se faire jour ; et peut-être celles qui n'élèvent de temps en temps au-dessus de l'eau qu'une masse de scories incohérentes, ont-elles aussi pour origine un centre de soulèvement sous-marin.

L'action volcanique, comprimée au-dessous de la croûte solide du globe, doit nécessairement agir sur cette enveloppe pour se frayer un passage, et augmenter d'intensité, jusqu'à ce qu'elle soit capable de vaincre la résistance. C'est pendant cette action que la croûte se soulève, poussée par des matières gazeuses ou par des matières solides, qui, dans l'un et l'autre cas, peuvent se faire jour à la surface ou rester emprisonnées dans l'intérieur.

Le soulèvement le plus simple est celui qui est produit par l'émission ou la pression de matières gazeuses qui cherchent à se dégager d'une pâte molle. C'est ce que nous voyons très en petit sur quelques coulées de laves, quand elles viennent de sortir du volcan. L'accumulation des matières gazeuses soulève la croûte et forme une convexité qui se perce et laisse dégager le gaz. Les parois restent soulevées en forme de cloche et donnent naissance à une cavité, une sorte de four ou *hornitos*, comme ceux que M. Robert a observés sur plusieurs laves d'Islande. Ils ressemblaient, dit ce voyageur, à une bouteille élargie à sa base, et dont la profondeur était de 60 pieds (1). Mais ceci est un exemple local, et un phénomène qui ne dépend pas directement de l'action intérieure du sol. Il n'en est pas de même des *hornitos*,

(1) Robert, *Voyage en Islande ; Institut*, 4e année, p. 125.

observés par M. de Humboldt autour du volcan de Jorullo, et qui forment plusieurs milliers de petits cônes soulevés par des matières gazeuses qui s'échappent ensuite par leurs fissures. Un phénomène analogue se retrouve au volcan d'Awatocha au Kamtschatka. Le dôme du volcan est couvert d'une infinité de ces petits cônes de douze pieds de hauteur et de trente pieds de circonférence, dont chacun donne issue à une fumarole d'hydrogène sulfuré.

Ces sortes de pustules se forment aussi sous de plus grandes proportions dans certaines circonstances, car tous les hornitos du volcan de Jorullo sont eux-mêmes distribués sur une surface de terrain bombée et soulevée en forme de vessie. On reconnaît encore aujourd'hui par les fractures des couches les limites du soulèvement. On y voit une élévation d'environ 37 pieds, qui augmente graduellement jusqu'au centre du mamelon, où elle atteint environ 290 pieds. Ce soulèvement eut lieu tout-à-coup après de fréquens tremblemens de terre, et au milieu de ce terrain soulevé s'ouvrit une crevasse de laquelle sortirent six buttes volcaniques, dont une, le volcan de Jorullo, répandit des laves. Voilà donc un exemple du soulèvement instantané d'un terrain qui n'offrait auparavant aucun phénomène volcanique, sur lequel d'anciennes cultures étaient établies, et que l'on ne s'attendait nullement à voir s'élever et se couvrir de bulles gazeuses à parois basaltiques. Sans l'issue que les buttes volcaniques et les nombreux hornitos ont donnée aux vapeurs, le soulèvement eût été bien plus considérable. Il se serait formé une grande montagne au lieu d'une large boursouflure. Mais aussitôt l'établissement d'un si grand nombre de soupiraux, la puissance soulevante s'est trouvée détruite. C'est peut-être à une action de cette nature, mais sans com-

munication extérieure, qu'il faut attribuer l'émersion récente du haut Danemarck, de la basse Péninsule de Jutland, des Landes de la Westphalie, et le soulèvement de la Suède qui dure encore.

Il existe aussi sur la terre un grand nombre de montagnes en forme de dôme, qui ne se sont jamais ouvertes, et qui ressemblent tellement à des soufflures que l'on ne peut guères leur attribuer une autre origine. Ce sont généralement des montagnes de trachyte, telles que le Chimborazzo, le puy de Dôme, Sarcouy, etc.; elles ressemblent à de grandes boursouflures soulevées par des émanations gazeuses, et l'on peut les considérer comme telles, avec d'autant plus de vraisemblance, que quelques-uns de ces dômes se sont ouverts quelquefois, ont laissé dégager une immense quantité de gaz, des cendres, même de la lave, et se sont refermés peut-être pour toujours : c'est ce qui est arrivé, selon M. de Humboldt, au gigantesque Antisana. D'autres fois, au lieu de se refermer, la communication reste permanente, et il s'établit un volcan actif, comme cela a eu lieu pour la plupart des volcans de Quito, en Amérique, qui ne sont que des dômes trachytiques ouverts à leur sommet, et comme on le remarque aussi dans les volcans d'Auvergne, où la soufflure à travers laquelle s'est faite l'éruption a été souvent entièrement cachée par les scories, ce qui n'a pas eu lieu pour les volcans d'Amérique. L'Etna paraît aussi, par sa forme en dôme légèrement aplati, une boursouflure analogue à celles que nous venons de citer. La roche doléritique dont ce dôme est formé, a été percée à sa partie supérieure, par la sortie des matières éruptives, et en même temps une sorte d'étoilement a été déterminé par cette rupture. C'est maintenant sur les fentes, qui se dirigent toutes vers le centre du dôme, que naissent les monticules de

scories et que s'échappe la lave que la force volcanique ne peut soulever jusqu'à la hauteur prodigieuse du cratère.

Ainsi, à quelques exceptions près dont l'Etna fait partie, des dômes où des cônes de trachyte ont généralement précédé les éruptions volcaniques, et ces masses trachytiques ont été soulevées avec une force prodigieuse, puisqu'elles forment maintenant une grande partie des hautes montagnes du globe.

La montagne de Fusi au Japon, dont nous avons rapporté la récente création, serait un exemple fort curieux d'un cône presqu'aussi haut que Ténériffe, et qui se serait élevé d'un seul jet.

On trouve du reste, dans plusieurs relations de voyages, des écrits qui attestent que des îles se sont successivement agrandies et soulevées, comme cela est arrivé à celle qui parut en 1796 près de l'île d'Umnack, et dont nous avons donné plus haut la description. La présence du trachyte ou d'une roche analogue, comme l'andésite de M. de Buch, paraît donc être nécessaire à l'apparition de phénomènes d'éruption volcanique.

« Ce sont les trachytes, dit M. de Humboldt, qui, par leur fendillement et leurs crevasses ouvertes, semblent établir cette communication permanente entre la surface du sol et l'intérieur du globe, qui est la condition indispensable de l'existence d'un volcan. »

Ce célèbre géologue pense même que la partie est des Andes de l'Amérique n'est privée de volcans que par l'absence de cette roche (1).

Jusqu'ici nous avons supposé le soulèvement de cha-

---

(1) Humboldt, *Voyage aux régions équinoxiales*, t. X, p. 310.

que point volcanique sur une fracture ou fente préexistante qui permettait à chaque petit centre d'élévation de se former sans déranger le terrain inférieur, mais il n'en est pas toujours ainsi. La force volcanique, en agissant au-dessous de la croûte solide de la terre, peut la fracturer, et c'est alors seulement qu'il se produit un véritable cratère de soulèvement, au centre duquel l'éruption peut se faire jour, quoique la chose ne soit pas nécessaire pour *créer* le cratère, mais seulement pour le *compléter*. Admettons qu'un dôme de trachyte cherche à se faire jour, comme dans la figure XXXVII, et que la force de soulèvement soit plus grande que la force de résistance, il y aura nécessairement fracture, des secousses de tremblement de terre se feront sentir, et le terrain fracturé sera ensuite soulevé; (*Fig.* XLI) de telle sorte que le cône soulevant paraîtra au dehors, après avoir étoilé le terrain et relevé tout autour de lui les fragmens qu'il aura séparés. Il en résultera une sorte de cratère, dont le centre sera occupé par le cône créateur, et dont les parois formeront tout autour de lui l'enceinte d'un grand cirque à vallées plus ou moins nombreuses, mais rayonnant d'un même centre. Ces vallées, élargies à leur origine, se rétréciront à mesure qu'elles s'éloigneront de leur point de départ, et leur profondeur devra également diminuer. Les couches soulevées offriront une pente douce au dehors du cirque et des escarpemens au dedans. L'action des eaux courantes et des eaux pluviales dégradant promptement des terrains mis a nu, les angles s'adouciront, les vallées se dégraderont peu à peu, et l'on aura enfin un véritable cratère de soulèvement complet, qui, comme on le voit, ne sera pas le résultat de l'accumulation de déjections liquides ou pulvérulentes, mais qui sera formé d'un seul jet, c'est-à-dire, sans discontinuité, et dans un es-

pace de temps plus ou moins long. Rigoureusement les fractures d'un tel cratère devraient être au moins au nombre de trois, car on ne peut admettre un étoilement qui ait moins de trois fissures convergentes; mais comme le soulèvement se fait quelquefois avec lenteur, qu'il n'atteint qu'une très-petite élévation relativement à l'étendue du terrain soulevé, enfin comme les roches soulevées peuvent avoir une certaine élasticité, il arrive quelquefois que les fractures sont peu sensibles, ou qu'elles sont remplacées par une infinité de petites fissures qui s'opèrent dans toute la masse, et qui permettent à la fois l'écartement et le redressement de toutes les parties, ainsi que l'injection de la matière soulevante qui se moule dans toutes ces fentes, et s'y consolide bientôt. Il se forme alors un cirque régulier, une caldéra, comme celles que l'on remarque dans le bel Atlas de M. de Buch, sur les îles Canaries, sur les cartes de Palma et de Ténériffe. Il reste cependant toujours une grande fracture vers laquelle les bords du cirque s'abaissent et par où s'échappe l'eau qui ruissèle sur les pentes intérieures. Lorsque les centres de soulèvement sont sous-marins, ils offrent alors une lagune au milieu du cratère. M. de Buch en cite un exemple fort remarquable, extrait du voyage de M. Poepig au Chili. « Le 6 septembre 1825, le capitaine américain Thayer aperçut tout-à-coup une île par une latitude de 30° 14 sud, longitude 180° 35′ est de Paris. Une fumée épaisse s'élevait du sommet de cette île. Les barques envoyées pour prendre connaissance de ce phénomène, trouvèrent un roc noir qui s'élevait à peine au-dessus de la surface de la mer. Il avait la forme d'un grand anneau dans l'intérieur duquel se trouvait une lagune n'ayant qu'une seule issue vers la mer. Les matelots sautèrent dans l'eau pour pousser la barque par-dessus ces bas-

fonds; mais effrayés et brûlés par la chaleur de l'eau, ils cherchèrent au plus vîte à regagner leurs embarcations. La fumée s'élevait par de nombreuses crevasses qui traversaient cet anneau noir. En un seul point on put voir un peu de sable, tout le reste était un roc solide. « Ce n'était donc pas, dit M. de Buch, une érup-
» tion, mais bien certainement un soulèvement, et il
» serait difficile de trouver un exemple plus clair et
» plus décidé, qui pût d'une manière plus évidente
» faire voir la différence qui existe entre un *cratère de*
» *soulèvement* et un *volcan* véritable qui reste en ac-
» tivité pendant des siècles entiers (1). »

Lorsque les bords de ces cratères sous-marins n'atteignent pas la surface de l'eau, il arrive souvent que les coraux bâtissent, en les prenant pour point d'appui, et amènent ainsi à fleur d'eau d'immenses anneaux qui n'ont qu'une seule issue. Les îles Gambier présentent, selon le capitaine Beechy, cette sorte de disposition, et renferment dans l'intérieur du cirque des montagnes de quelques milliers de pieds de hauteur, composées de basaltes et de roches particulières aux actions volcaniques.

Les îles Barren, déjà décrites, et dont nous donnons le dessin (*fig.* XLV), offrent de la manière la plus régulière la forme et l'apparence d'un cratère de soulèvement. Le piton central est un volcan actif aussi élevé que l'enceinte qui forme les bords de son cirque.

Le cratère de soulèvement le mieux déterminé est sans contredit celui que forme le groupe d'îles de Santorin. Nous avons décrit les divers phénomènes volcaniques qui ont paru autour de cette île célèbre. Santorin;

---

(1) De Buch, *Description physique des îles Canaries*, p. 392.

Thérasia et Aspronisi forment le cirque du cratère. Ce sont dit M. de Buch, « les parties essentielles d'un » même tout. » Nous avons vu, en décrivant ces îles, que l'action volcanique a tenté plusieurs fois de se faire jour au centre du cratère, où plusieurs petites îles se sont soulevées, et cette action, loin d'être apaisée, continue de soulever le groupe central, qui peut-être un jour dépassera en hauteur les bords du cirque. M. Virlet, qui a publié sur les îles de la Grèce des travaux aussi savans que consciencieux, a donné dernièrement à l'Académie des sciences (30 mai 1836), une note du plus haut intérêt sur la formation toujours active de ce centre de soulèvement. Il appelle l'attention des géologues sur la probabilité de l'apparition prochaine d'une nouvelle île dans l'Archipel de la Grèce, par suite de l'exhaussement progressif d'un écueil formé de roches solides (*obsidiennes trachytiques*) dans le golfe du volcan de Santorin. Voici comment il rend compte des observations qui ont été faites à ce sujet.

« Vers la fin du dernier siècle, à l'époque où Olivier visitait Santorin, les pêcheurs de l'île assuraient que le fond de la mer s'était considérablement élevé depuis peu entre la petite île Kaïméni et le port de Théra; en effet, la sonde ne donnait plus alors que 15 à 20 brasses, là où autrefois on pouvait à peine atteindre le fond.

» Lorsqu'en 1829, M. le colonel Bory et moi nous visitâmes cette île, nous pûmes non-seulement nous assurer de la vérité du fait signalé par Olivier, mais nous reconnûmes de plus, par différens sondages, que le sol du point indiqué n'avait pas cessé depuis lors de s'élever, et qu'il n'était plus qu'à quatre brasses et demie de la surface.

» En 1830, nous fîmes de nouveaux sondages qui

eurent pour résultat de nous faire reconnaître la forme et l'étendue du banc de roche qui, dans l'intervalle d'à peine une année, s'était encore élevé d'une demi-brasse. Ce banc avait alors 800 mètres de l'est à l'ouest, et 500 du nord au sud. Le fond augmentait graduellement au nord et à l'ouest, depuis 4 jusqu'à 29 brasses, tandis qu'à l'est et au sud cette augmentation allait jusqu'à 45 brasses. Après cette limite, la sonde n'indiquait plus tout autour qu'un très-grand fond.

» Je viens d'être informé que M. l'amiral de Lalande qui, depuis 1830, est retourné deux fois à Santorin, s'est assuré que l'écueil a continué de s'élever, et qu'il ne présentait plus en septembre 1835, époque de sa dernière visite, qu'un fond de deux brasses, en sorte qu'il forme aujourd'hui un rescif sous-marin dont les barques ne peuvent plus s'approcher sans danger: si cet écueil continue à s'élever d'une quantité proportionnelle, on peut calculer qu'il donnera, vers 1840, naissance à une nouvelle île, sans que les catastrophes que ce phénomène semble présager pour le golfe de Santorin soient une conséquence nécessaire de l'époque de son apparition à la surface des eaux. »

Depuis les éruptions de 1707 à 1712, qui donnèrent naissance à la nouvelle Kaïméni, les phénomènes volcaniques ont cessé complètement dans le golfe de Santorin, et le volcan paraît aujourd'hui tout-à-fait éteint; cependant l'exhaussement d'une partie de son sol semble démontrer qu'il fait depuis environ une cinquantaine d'années de continuels efforts pour faire éruption, et que, le jour où la résistance ne sera plus assez forte pour lui faire obstacle, le volcan se remettra de nouveau en activité. »

M. de Buch pense que ce soulèvement graduel est dû à l'apparition prochaine d'un dôme de trachyte qui

s'élève du fond de la mer, et qui pourra s'ouvrir et donner ainsi une issue permanente aux vapeurs qui y sont renfermées, et dont l'action continuelle produit les tremblemens de terre qui renversent les villes et les montagnes de l'Achaïe et du reste de la Morée. Cet événement serait donc de la plus haute importance pour toute la Grèce.

Le trachyte paraît être la roche qui, à l'époque actuelle, détermine le plus ordinairement le soulèvement de ces cirques; mais on conçoit que d'autres roches volcaniques peuvent également produire les mêmes effets. Des gaz mêmes, en cherchant à s'échapper, peuvent donner naissance d'une manière instantanée à des cirques plus ou moins étendus; il est même très-probable que plusieurs de ceux qui existent sont dus à la tension des fluides élastiques qui, après avoir été fortement comprimés par des couches solides d'une grande épaisseur, sont parvenus à les écarter et à produire l'effet d'une masse solide. L'eau, ravinant ensuite les surfaces dénudées, comble bientôt le fond des fissures, et le cirque se présente alors comme un vaste cratère sans piton central. (*Fig.* XLVI.)

Quelle que soit la matière soulevante, il n'en est pas moins vrai qu'il existe un grand nombre de centres de soulèvement mieux caractérisés encore que ceux que nous venons de décrire. Ce mode d'élévation des montagnes s'est présenté presqu'à toutes les époques, et il n'est probablement pas borné à notre planète. La lune semble offrir un bien plus grand nombre de cirques analogues, qui peut-être se multiplieront aussi sur la terre à une autre époque géologique.

L'île de Ténériffe présente un des plus magnifiques exemples d'un cratère de soulèvement; le pic de Teyde en occupe le centre, et domine une immense caldera

dont les pentes extérieures sont enveloppées de basalte. La force volcanique qui s'est d'abord fait jour par l'intérieur du pic, comme au milieu d'une grande cheminée, ne se manifeste plus qu'à sa base par des éruptions analogues à celles des autres volcans. L'étude de ce grand cirque et des autres îles Canaries, dans la savante description de M. L. de Buch, est certainement une de celles qui peut donner au géologue les idées les plus élevées et les plus nettes sur le mode d'action des forces volcaniques.

Dans le centre de la France, deux grands cratères de soulèvement, décrits par MM. Dufresnoy et Elie de Beaumont, constituent les groupes volcaniques du Cantal et du Mont-Dore, et offrent aussi des caractères bien remarquables. En général, dans tous ces cirques, les pentes sont occupées par des roches basaltiques et le centre par du trachyte.

Peu de théories ont été aussi violemment attaquées que celle des cratères de soulèvement. Quelques géologues d'un grand mérite n'ont voulu voir dans ces larges nappes redressées qui couvrent les flancs des couches soulevées, que des coulées de laves d'âge différent, accumulées pendant des siècles et élevant successivement la base sur laquelle elles s'épanchaient; mais il est bien démontré maintenant que les laves ne peuvent pas s'arrêter sur des plans inclinés, puisque les laves modernes, en coulant sur des terrains plus horizontaux que ceux qui s'élèvent vers le centre des cratères de soulèvement, se refroidissent promptement, se brisent et se fissurent de mille manières, sans offrir la moindre trace de ces divisions prismatiques si communes et si régulières dans toutes les masses qui se sont refroidies lentement sur un plan horizontal. Il est d'ailleurs de toute impossibilité que des courans de lave, en sor-

tant d'une bouche centrale, et en s'épanchant tout autour, aient pu former de larges nappes régulièrement disposées, au lieu de filets étroits qui auraient conduit promptement à leur pied toutes les matières liquides que leur propre poids entraînait. La formation des grandes vallées par le système d'érosion offrirait, du reste, tout autant de difficultés; on aurait bien de la peine à concevoir de cette manière les fractures étoilées, l'élargissement des vallées à leur naissance, leur profondeur et la présence des nombreuses sources minérales qui souvent profitent de ces profondes fissures pour s'échapper de l'intérieur du sol.

Ce n'est pas seulement dans les terrains volcaniques que l'on rencontre des cratères de soulèvement. Ils existent au milieu de la plupart des roches; mais leur étude hors des terrains de cette nature est encore peu avancée. Ce n'est, jusqu'à présent, qu'avec une sorte de timidité que l'on a cité des exemples de cirques calcaires, granitiques, etc., quoique cependant ils soient assez fréquens. Ils se manifestent souvent au milieu des roches cristallisées, se présentent quelquefois d'une manière presque périodique dans les grandes chaînes de montagnes, et méritent la plus sérieuse attention. Déjà M. Rozet a étudié sous ce rapport la chaîne du Jura, et cette étude lui a prouvé que les soulèvemens qui ont donné au Jura son relief actuel, n'ont point eu lieu suivant des lignes à peu près droites, mais bien suivant des courbes fermées, se rapprochant beaucoup d'ellipses allongées dont les grands axes sont dirigés sud-ouest nord-est, sans être cependant parallèles entre eux. Chacune de ces courbes limite un grand cirque dont les parois ont jusqu'à 300 mètres d'élévation au-dessus du fond. L'ensemble de tous ces cirques se trouve sur une portion de surface conique, qui n'est autre chose que la surface

de toute la chaîne du Jura, dont la concavité est tournée vers les Alpes.

Avant de passer à l'examen des soulèvemens linéaires, nous devons nous arrêter un instant sur une idée fort remarquable de M. Boussingault. Ce savant, faisant remarquer que le dôme du Chimborazzo est formé d'une immense quantité de blocs entassés les uns sur les autres, demande si toutes ces masses et ces débris dont les volcans des Andes se composent ne seraient pas le résultat du fendillement et des fractures opérés par l'action qui a soulevé, en la brisant, une partie de la masse volcanique des Cordillères. Il compare ces débris à ceux qu'une pression de bas en haut ferait sortir d'un puits. Les morceaux brisés feraient plus que combler ce puits, ils formeraient encore au-dessus un dôme d'autant plus élevé que le puits serait plus profond (1).

On peut faire à cette théorie une objection assez sérieuse, c'est que plusieurs dômes de trachyte, dans différentes contrées, sont bien formés d'une seule pièce et non de débris entassés; et si ceux des Andes étaient créés comme il le suppose, il n'y aurait aucune raison pour qu'ils ne présentassent pas tous le phénomène de volcans actifs, tandis que plusieurs, et notamment le Chimborazzo, ne paraissent nullement établir une communication directe entre l'atmosphère et l'intérieur du globe.

D'un autre côté, on voit si souvent des montagnes basaltiques composées de fragmens entassés les uns sur les autres et entièrement libres, qu'il est difficile d'admettre qu'elles soient dues à de simples éboulemens.

Une éruption de ce genre et toute récente vient con-

---

(1) Boussingault, *Journal de Poggendorf*, 1835, p. 216.

firmer les idées de M. Boussingault. « L'île de Banda avait une grande baie sur la côte occidentale. En 1820, après une éruption volcanique, il se fit dans la mer un soulèvement, et une masse solide, composée de gros blocs semblables à du basalte, vint non-seulement remplir et combler cette baie, dont la profondeur était de 60 brasses, mais elle forma encore au-dessus de la mer des collines très-élevées et fort étendues qui entourent le pied du volcan et s'appuient contre les flancs de cette montagne.

Aucune des matières qui composent cette masse soulevée n'a été fondue ou coulante : tous les blocs étaient crevassés et dégageaient d'abondantes vapeurs ; mais ce soulèvement n'a rejeté ni rapilles, ni cendres ni pierres ponces. Les habitans de Banda, dont les maisons se trouvent sur le revers opposé, ne s'aperçurent de ce phénomène remarquable qu'après que la plus grande partie de ce soulèvement se fut effectuée, et quand ils en furent avertis par les vapeurs et par l'échauffement des eaux de la mer. Lorsque M. Reidwardts visita cette localité en 1821, des vapeurs d'eau et de soufre se dégageaient encore entre ces blocs entassés. Le môle élevé au milieu de la baie est formé de couches très-épaisses qui sont inclinées des deux côtés, et dont le milieu ou la cime est recourbée en dôme. Les couches inférieures sont tout-à-fait compactes, les couches supérieures, au contraire, sont poreuses (1). »

Les terrains volcaniques offrent encore un autre genre d'accident qui a, selon toute apparence, un rapport assez marqué avec les éruptions de matières gazeuses,

---

(1) Boon-Mesch, p. 88, cité par de Buch.

c'est la présence d'un certain nombre de lacs arrondis, très-profonds, à bords très-escarpés, et qui n'occupent pas, comme la plupart des amas d'eau, les points les plus bas du terrain. Il ne faut pas les confondre avec ceux qui résultent de la stagnation de l'eau dans de véritables cratères; ceux qui nous occupent sont parfois scorifiés sur le bord, mais rarement sur tout leur contour; quelquefois ils sont intacts sous le rapport volcanique, ou offrent à peine quelques traces de torréfaction. L'Italie offre un certain nombre de ces lacs. L'Auvergne a le lac Pavin, le gour Tazana, le lac de Servières.

M. Jean Reynaud a décrit aussi ceux de l'Eifel sur les bords du Rhin (1). Il en a trouvé un grand nombre de grandeurs différentes et plus ou moins scorifiés sur leurs bords. Il a remarqué aussi que là, comme en Auvergne et en Italie, ces lacs sont liés aux phénomènes volcaniques, et qu'ils sont toujours situés à une petite distance de cratères ou de cônes d'éruption. Leur profondeur est telle, qu'ils font souvent l'office de puits artésiens. L'eau arrive par en bas, et plusieurs d'entre eux donnent naissance à des ruisseaux sans paraître recevoir une seule goutte d'eau.

Quelques géologues ont pensé que ces lacs étaient dus à des effondremens de terrain; mais on ne peut concilier une telle origine avec leur profondeur. Ils doivent très-probablement leur naissance à des explosions instantanées de matières gazeuses qui ont projeté plus ou moins loin les débris du terrain soulevé. Ils doivent

---

(1) Jean Reynaud, sur les formations volcaniques des bords du Rhin. *Annales des Mines*, 3e série, t. II, p. 372.

avoir été formées, pendant des tremblemenns de terre, par les gaz ou par l'eau, comme cette multitude de petits entonnoirs qui se sont ouverts en Calabre pendant les violentes secousses qui ont ravagé cette contrée. C'est le même phénomène agrandi ou modifié par l'épaisseur ou la résistance de la couche qui a été percée. (*Fig.* XLVII, XXIII et XXIV.)

CHAPITRE VINGT-SEPTIÈME.

DES SOULÈVEMENS LINÉAIRES.

Les grandes dislocations de la croûte de la terre semblent avoir été produites plutôt sur des lignes que sur des points particuliers qui étaient centres d'action; car les grandes montagnes forment plutôt des chaînes que des groupes, et les soulèvemens linéaires sont bien plus étendus que les *soulèvemens centraux*. Il est même très-probable que ces derniers sont dépendans des autres, et que les cratères de soulèvement sont eux-mêmes alignés dans certaines directions. Ainsi, des failles ou de longues crevasses auraient précédé leur apparition et déterminé leur direction longitudinale. On ne peut nier ce mode de disposition pour les grands dômes trachytiques de l'Amérique, et M. de Buch fait remarquer qu'elle existe aussi pour de véritables cratères de soulèvement qui sont quelquefois alignés le long d'une grande faille souvent sous-marine, et dont des îles cratériformes indiquent la direction.

M. Elie de Beaumont, sans négliger l'étude des cratères de soulèvement, s'est plus spécialement occupé de l'âge et de la direction des grandes chaînes de montagnes. Ses travaux ont le mérite de présenter un grand ensemble de vues aussi étendues qu'ingénieuses, et une masse de faits suffisante pour étayer sa théorie. MM. de

Buch, Boué, Studer, Sedgwick et Murkison, Keferstein, et un grand nombre d'autres géologues, qui se sont occupés du même sujet avant et après M. de Beaumont, appuient quelquefois ses idées et les critiquent plus souvent. Nous ne pouvons, dans un ouvrage élémentaire comme celui-ci, trier la part qui revient à chacun, et d'ailleurs aucun de ces savans géologues n'a présenté sur cet objet un travail d'ensemble comme celui de M. de Beaumont. C'est donc son Mémoire que nous prendrons pour guide, sans considérer comme parfaitement démontrées les opinions qu'il a émises sur cet objet; car le savant professeur lui-même ne l'a publié que comme un essai destiné à la fois à prendre date et à exciter à recueillir la masse de faits indispensables pour un tel travail. Si les personnes qui l'ont critiqué avaient eu égard à cette considération, quelques-uns des reproches qui lui ont été adressés avec un peu d'amertume, auraient sans doute été adoucis ou supprimés. Les considérations publiées par M. Elie de Beaumont dans les *Annales des Sciences naturelles*, et plus développées à la suite du *Manuel de géologie* de M. de Labèche (1), sont relatives seulement à l'Europe. Les montagnes des autres parties du monde sont loin d'avoir été suffisamment explorées, pour qu'on puisse tirer des conséquences générales sur leur direction ou du moins sur l'époque de leur soulèvement.

« L'examen de la surface de l'Europe, dit M. de Beaumont, a déjà conduit à distinguer les uns des autres douze systèmes de montagnes d'âges différens et de directions généralement différentes, et à les rapprocher

(1) Traduction française par M. Brochest de Villiers, p. 620 et suivantes.

de douze lignes de partage observées dans la série des dépôts de sédimens. Il est bien probable que ce nombre douze, qui dans tous les cas ne serait relatif qu'à l'Europe, n'est pas définitif, car il reste encore dans la série des terrains de sédiment de l'Europe plusieurs lignes de démarcation assez tranchées, qui dans cet arrangement ne se trouvent rapprochées d'aucun système de dislocation. Peut-être quelques-unes de ces lignes de partage se lient-elles à des systèmes de fractures et de rides, qui bien qu'observables en France, en Allemagne, en Angleterre, n'y ont pas encore été suffisamment distingués, et restent encore confondus avec les dislocations appartenant aux autres systèmes, dans lesquels ils sont censés former des anomalies. Peut-être aussi les mêmes lignes de partage se rattachent-elles à des commotions qui n'ont eu que peu d'énergie dans les contrées qui viennent d'être citées, mais qui auront laissé des traces plus visibles dans le sol de contrées adjacentes, et dont les conquêtes que la géologie a faites récemment en Grèce, en Sicile, en Afrique, en Espagne, pourront nous aider à retrouver la trace. »

On sait que les dépôts qui se sont formés dans les eaux, ont changé de nature à des époques différentes. Aussi les terrains de sédiment sont loin d'être toujours les mêmes, et l'on y trouve superposés des dépôts qui ne se ressemblent en rien. Or, pour que ces dépôts aient ainsi changé de nature, pour que la même superposition ne se soit pas reproduite sur toute la terre, il faut de toute nécessité que des causes perturbatrices soient venues changer les bassins dans lesquels se formèrent les sédimens. Les uns ont été émergés, d'autres se sont remplis de liquides différens ou du moins ont reçu des mélanges qui ont tout-à-fait modifié leur nature. On ne voit guère que l'apparition successive de

chaînes de montagnes qui aient pu modifier aussi fortement la surface du sol, changer les niveaux, ronger les digues, imprimer à l'eau de puissans mouvemens d'impulsion, et expliquer enfin ces phénomènes que nous offrent les terrains de sédiment ou d'alluvion. Ces grandes dislocations doivent donc se trouver en rapport avec les causes qui les ont produites, avec le soulèvement des montagnes. Ce sont ces rapports que M. de Beaumont a cherché à établir, et nous allons donner un résumé très-succint de son travail.

Il eût été plus commode pour ceux qui commencent l'étude de la géologie, de placer celle de ces différentes séries de soulèvemens après l'examen de l'âge et de la composition des terrains, mais l'ensemble des phénomènes produits par les forces agissantes, internes et externes, eût été désuni, et nous avons cru plus convenable de placer ici cet extrait du travail de M. de Beaumont. Les personnes qui ne comprendraient pas la valeur des noms qui désignent certaines roches et quelques terrains, pourront avoir recours au Dictionnaire qui termine cet ouvrage, ou lire auparavant la description des différens terrains.

M. de Beaumont a adopté, pour désigner les douze systèmes de soulèvement, des noms qui rappellent un type naturel bien déterminé. Déjà on avait employé de semblables dénominations pour les roches. Ainsi les mots *argile de Londres*, *calcaire grossier parisien*, et un grand nombre d'autres sont depuis long-temps en usage pour désigner ces espèces de roches, bien qu'elles se trouvent dans plusieurs autres localités; mais c'est qu'à Londres et à Paris ces roches ont acquis un grand développement, et qu'en outre elles ont été soigneusement étudiées dans ces mêmes dépôts. Il en résulte des noms très-significatifs dont on peut toujours

retrouver le type facilement, et qui évitent une foule de discussions qui ne peuvent avancer en rien l'étude de la géologie. Ces considérations ont engagé M. de Beaumont à prendre ainsi la partie pour le tout, et à appliquer des noms de lieux pour titres à ses différens systèmes.

I. *Système de Westmoreland et de Hundsruck.*

Ce système est le plus ancien de tous, c'est-à-dire qu'il comprend les premières rides que l'on puisse reconnaître à la surface de la terre, dont la croûte figée devait avoir peu d'épaisseur. Il a été indiqué par M. le professeur Sedgwick qui le regarde comme antérieur ou contemporain des dépôts du vieux grès rouge, et qui présume que le soulèvement a eu lieu par un mouvement qui n'a pas été lent et prolongé, mais soudain. M. de Beaumont le croit encore plus ancien, et il regarde comme probable que ce soulèvement a même eu lieu avant le dépôt de la partie la plus récente des couches que les Anglais nomment terrains de transition, c'est-à-dire avant le dépôt des calcaires à trilobites de Dudley et de Tortworth.

M. le professeur Sedgwick a aussi montré que, si on tire des lignes suivant les directions principales des chaînes suivantes, savoir : la chaîne méridionale de l'Ecosse, depuis Saint-Abbs-Head jusqu'au Mull de Galloway, la chaîne de grauwacke de l'île de Man, les crêtes schisteuses de l'île d'Anglesea, les principales chaînes de grauwacke du pays de Galles et la chaîne de Cornouailles, ces lignes seront presque parrallèles l'une à l'autre et à la direction mentionnée ci-dessus, comme dominant dans le district des lacs du Westmoreland.

La surface de l'Europe continentale présente plusieurs contrées montueuses, où la direction dominante des couches les plus anciennes et les plus tourmentées court aussi, comme M. de Humboldt l'a remarqué depuis long-temps, dans une direction peu éloignée du nord-est ou de l'est-nord-est. Telle est par exemple la direction des couches de schiste et de grauwacke des montagnes de l'Eifel, du Hundsruck et du pays de Nassau, au pied desquelles se sont problablement déposés les terrains carbonifères de la Belgique et de Sarrebruck. Telle est aussi celle des couches schiteuses du Harz; telle est encore celle des couches de schiste, de grauwacke et de calcaire de transition des parties septentrionales et centrales des Vosges, sur la tranche desquelles s'étendent plusieurs petits bassins houillers; telle est même à peu près celle des couches de transition, calcaires et schisteuses, d'une date probablement fort ancienne, qui constituent en grande partie le groupe de la montagne Noire, entre Castres et Carcassonne, et qui se retrouvent dans les Pyrénées, où, malgré des bouleversemens plus récens, elles présentent encore, et souvent d'une manière très-marquée, l'empreinte de cette direction primitive.

Enfin, cette direction nord-est est aussi la direction dominante et pour ainsi dire fondamentale des feuillets plus ou moins prononcés des gneiss, micaschistes, schistes argileux et des roches quarzeuses et calcaires de beaucoup de montagnes appelées souvent primitives, telles que celles de la Corse, des Maures (entre Toulon et Antibes), du centre de la France, d'une partie de la Bretagne, de l'Erzgebirge, des Grampians, de la Scandinavie et de la Finlande.

M. de Beaumont fait remarquer que la direction qui constitue cet ancien soulèvement est aussi celle que

l'on remarque dans les couches et les feuillets des terrains les plus anciens.

II. *Système des Ballons* (Vosges) *et des Collines du Bocage* (Calvados).

Des terrains très-étendus en Europe, et déjà très-anciens eux-mêmes, ont échappé au ridement que les schistes du Westmoreland et du Hundsruck ont opéré dans la direction du nord-est au sud-ouest. D'après les principes que nous avons exposés sur l'âge des soulèvemens déterminés par le mode de stratification, on prévoit que, pour indiquer l'antériorité du premier système que nous venons d'étudier, il faut que les couches qui n'ont pas été soulevées par ce premier système aient été déposées sur les tranches des couches plus anciennes déjà redressées. Or, ces mêmes assises que les géologues reconnaissent pour être du même âge, qui sont horizontales et reposent sur les tranches de terrains plus anciens déjà redressés, peuvent se trouver elles-mêmes soulevées dans une autre localité, et déterminer par conséquent l'âge de ce second soulèvement ou de ce second système de rides.

Telles sont en effet les indications fournies par les couches calcaires marneuses et arénacées avec orthocéralites, trilobites, polypiers, etc., qui se trouvent en Podolie, aux environs de Saint-Pétersbourg, en Suède et en Norwège, où elles ne sont généralement que peu dérangées de leur horizontalité primitive, et celles des montagnes de Sandomirz et des collines au nord-ouest de Magdebourg.

Telles sont encore les couches de transition, si riches en fossiles, de Dudley (Staffordshire) et de Tortworth (Gloucestershire), qui paraissent avoir été déposées au

pied des montagnes déjà soulevées du pays de Galles, et qui ne sont elles-mêmes affectées que par des dislocations d'un ordre plus récent. Telles paraissent être aussi une partie des couches calcaires schisteuses et arénacées du midi de l'Irlande, objet des recherches de M. Weaver, et particulièrement celles qui renferment les couches d'anthracite sur lesquelles sont ouvertes toutes les mines de combustible fossile de la province de Munster, excepté celles du comté de Clare, situées dans le véritable terrain houiller.

Le terrain de transition des collines du Bocage (Calvados) et de l'intérieur de la Bretagne, a lui-même une grande ressemblance avec celui décrit par M. Weaver dans le sud de l'Irlande. Il se compose de même de couches multipliées de schistes, de grauwacke, de grès quarzeux passant à des roches de quarz, d'ampélite graphique et alumineux, et de calcaire; il contient des fossiles de la même classe et présente sur les bords de la Loire, près d'Angers, ainsi qu'aux environs de Sablé et de Laval, des exploitations de combustible.

Enfin, M. de Beaumont est encore porté à rapporter à la même époque de dépôt, le terrain de schiste argileux et de grauwacke contenant des couches d'anthracite avec des empreintes végétales peu différentes de celles du terrain houiller dont se compose en partie l'angle sud-est des Vosges, et qui paraît s'être adossé aux masses granitiques des environs de Gerardemer, de Remiremont et du Tillot, qui elles-mêmes s'étaient probablement soulevées lors de la formation des anciennes rides nord-est sud-ouest.

Les masses de siénite et de porphyre qui, dans le sud-est des Vosges forment les cimes jumelles du ballon d'Alsace et du ballon de Comté, s'allongent, de l'est, 16° sud, à l'ouest, 16° nord, et ont redressé, dans cette

direction, les couches du terrain à anthracite. Le terrain houiller de Ronchamps s'est déposé au pied de ces montagnes, sur les tranches des couches redressées.

La structure de toute la partie méridionale du massif central des Vosges, depuis Plombières jusqu'à la vallée de Massevaux, est en rapport avec celle du ballon d'Alsace, et se rattache à la direction ouest 16° nord-est, 16° sud. Il en est de même de la partie méridionale du groupe central de la Forêt-Noire.

Le ballon d'Alsace s'élève à 789 mètres au-dessus de la ville de Giromagny, bâtie elle-même au niveau du terrain houiller, et le ballon de Gebweiler, situé plus au nord-est, s'élève à 935 mètres au-dessus du même point. Parmi les inégalités de la surface du globe, dont on peut assurer que l'origine remonte à une date aussi reculée, on ne pourrrait encore en citer de plus considérables.

La Lozère nous présente beaucoup plus au sud une autre masse granitoïde allongée à peu près dans le même sens; et comme la direction de cette masse semble avoir déterminé celle du bassin intérieur des départemens de la Lozère et de l'Aveyron, dans lequel se sont déposés horizontalement le terrain houiller, le grès bigarré et le calcaire du Jura, on peut supposer que l'élévation de cette masse est contemporaine de celle de la siénite du ballon d'Alsace.

Ce système de rides avait concouru avec le précédent, et peut-être avec d'autres encore qui n'ont pas été étudiés jusqu'ici, à donner un relief ondulé et une structure disloquée au sol ancien, dans les inégalités duquel se sont, plus tard, déposées les premières couches de cet ensemble de dépôts que Werner avait nommés *fletz gerbige*, et que les géologues français et anglais ont nommés *dépôts secondaires*, dépôts dont la série carbonifère forme l'assise inférieure.

III. *Système du nord de l'Angleterre.*

Depuis la latitude de Derby jusqu'aux frontières de l'Ecosse, le sol de l'Angleterre se trouve partagé par un axe montagneux qui, pris dans son ensemble, court presque exactement du sud au nord en s'écartant seulement un peu vers le nord-nord-ouest. Dans cette chaîne qui, étant formée entièrement par des couches de la série carbonifère, est aujourd'hui nommée la grande chaîne carbonifère du nord de l'Angleterre, les forces soulevantes semblent, en prenant la chose dans son ensemble, avoir agi (non toutefois sans des déviations considérables) suivant des lignes dirigées à peu près du S. 5° E. au N. 5° O. Ces forces soulevantes ont produit de grandes failles dont l'une forme le bord occidental de la chaîne dans le peak du Derbyshire. Elle est prolongée par une ligne anticlinale dans les montagnes appelées *Western moors* du Yorkshire; et à partir de là, l'escarpement occidental de la chaîne est accompagné par d'énormes fractures, depuis le centre du Craven jusqu'au pied du Stainmoor. Une autre fracture très-considérable passant au pied de l'escarpement occidental du chaînon du Cross-Fell, rencontre, sous un angle obtus, près du pied de Stainmoor, la grande faille du Craven. Cette dernière faille explique immédiatement la position isolée des montagnes du district des Lacs.

M. le professeur Sedgwick prouve directement, dans le Mémoire qu'il a consacré à la structure de cette chaîne, que toutes les fractures ci-dessus mentionnées ont été produites immédiatement avant la formation des conglomérats du nouveau grès rouge (*rothe todte liegende*), et il présente les plus fortes raisons pour penser qu'elles ont été occasionnées par une action à la

fois violente et de courte durée ; car on passe sans intermédiaire des masses inclinées et rompues aux conglomérats qui s'étendent sur elles horizontalement, et il n'y a aucune trace qui puisse indiquer un passage lent d'un ordre de choses à l'autre. Enfin, M. le professeur Sedgwick, recherchant quelle pourrait être l'origine des phénomènes décrits, indique les différentes roches cristallines qui se montrent en contact avec les roches de la série carbonifère (le *toadstone* du Derbyshire et le *whinstone* du Cumberland.)

M. de Beaumont ne regarde pas comme un phénomène isolé le soulèvement de cette chaîne du nord de l'Angleterre ; il croit que l'on peut en retrouver d'autres indices dans la même contrée ainsi que sur la côte que forme en France la limite occidentale du département de la Manche, où différentes lignes de fracture dirigées de même dans le sens du méridien que présente le bocage de la Normandie, doivent aussi probablement leur origine première à des dislocations de la même catégorie que celles de la grande chaîne carbonifère du nord de l'Angleterre.

Peut-être aussi des traces du même phénomène pourraient-elles être reconnues dans le massif central de la France (chaîne de Pierre-sur-Haute, chaîne de Tarare), dans les montagnes des Maures (département du Var) et dans les montagnes primitives de la Corse.

IV. *Système des Pays-Bas et du sud du pays de Galles.*

Les formations du grès rouge et du zechstein, déposées primitivement en couches à peu près horizontales, au pied des montagnes du Harz, du pays de Nassau, de la Saxe, sont bien loin d'avoir conservé partout

leur horizontalité primitive. Elles présentent, au contraire, un grand nombre de fractures et de dérangemens, dont une grande partie affectent en même temps les formations du grès bigarré et du muschelkalk, mais dont une certaine classe ne dépasse pas le zechstein, et paraît s'être produite immédiatement après son dépôt. De ce nombre sont les failles et les inflexions variées dirigées moyennement de l'est à l'ouest, que présentent les couches du grès rouge, du weiss-liegende, du kupferschiefer et du zechstein, dans le pays de Mansfeld, accidens dont M. Freisleben avait déjà indiqué que la production devait être antérieure au dépôt du grès bigarré.

Ces accidens remarquables de la stratification des premières couches secondaires du Mansfeld paraissent n'être qu'un cas particulier d'un ensemble d'accidens de stratification qui, depuis les bords de l'Elbe, jusqu'aux petites îles de la baie de Saint-Bride, dans le pays de Galles, affectent toutes les couches de sédiment dont la formation n'est pas postérieure à celle du zechstein. Dans cette étendue de 280 lieues, toutes les couches dont il s'agit, partout où elles ne sont pas dérobées à l'observation par des formations plus récentes auxquelles ces mouvemens sont étrangers, se présentent dans un état plus ou moins complet de dislocation. Il y a même des points, comme à Liége, à Mons, à Valenciennes, sur les flancs des Mendip-Hills, où elles présentent les contorsions les plus extraordinaires, où leur profil présente, par exemple la forme d'un Z, ou des formes plus bizarres encore. Ces accidens de stratification ont pour caractère commun, que les couches se sont pour ainsi dire repliées sur elles-mêmes sans s'élever en montagnes considérables, qu'elles n'occasionnent à la surface du terrain que de faibles protubérances, mal-

gré la complication des contorsions que les couches présentent à l'intérieur, et que les plis (ou les lignes de fracture) se sont produits, pour moitié, dans une direction parallèle à un grand cercle qui traverserait le Mansfeld perpendiculairement au méridien de ce pays, et pour l'autre moitié, suivant les directions des dislocations que présentaient déjà en chaque point les couches plus anciennes affectées par des bouleversemens antérieurs. Ainsi, dans la bande de terrain carbonifère qui s'étend d'une manière presque continue, depuis le pays de la Marck jusqu'aux environs d'Arras, les couches de calcaire, de grès, d'argile schisteuse et de houille, se dirigent, tantôt presque de l'est à l'ouest, parallèlement au grand cercle ci-dessus désigné, tantôt presque du nord-est au sud-ouest, parallèlement à la stratification des terrains schisteux anciens de l'Eifel et du Hundsruck. Sur les bords du canal de Bristol et dans tout le midi du pays de Galles, on voit de même la stratification, souvent très-contournée, du système carbonifère osciller entre deux directions, l'une courant de l'est un peu nord à l'ouest un peu sud, parallèlement à ce même grand cercle désigné ci-dessus; l'autre courant de l'est 10° sud à l'ouest 10° nord, parallèlement à la direction des couches de schistes et de grauwake du nord du Devonshire, qui probablement s'élevaient déjà en montagnes avant le dépôt de la série carbonifère. Malgré la grande étendue de terrains récens qui séparent les terrains carbonifères de la Belgique de ceux des bords du canal de Bristol, et qui rend leur continuité problématique, on peut remarquer que, de part et d'autre, les contorsions qui affectent les couches présentent des caractères communs, dont l'un, par exemple, consiste en ce que les contournemens sont beaucoup plus forts dans la partie méridionale de la bande disloquée que dans la partie septentrionale.

M. de Beaumont croit encore pouvoir rapporter à cette même catastrophe les dérangemens multipliés qu'ont éprouvés les couches houillères de Sarrebruck, avant le dépôt du grès des Vosges, qui s'est étendu horizontalement sur leurs tranches, et les mouvemens moins considérables que paraît avoir éprouvés le sol des Vosges, entre le dépôt du grès rouge, qui n'y a rempli que le fond de quelques dépressions, et celui du grès des Vosges, qui s'y est élevé beaucoup plus haut, et y a recouvert des espaces beaucoup plus considérables.

V. *Système du Rhin.*

La direction de ce soulèvement est du N. 21° E. au S. 21° O. Les montagnes qui appartiennent à ce système sont des plateaux escarpés qui longent les bords du Rhin, à la base des Vosges, et qui se prolongent en lignes parallèles dans la direction que nous venons d'indiquer. Ce système, déjà reconnu par M. de Buch, se compose principalement de grès vosgien. A une époque à laquelle ce grès n'était encore recouvert par aucune autre roche, de grandes fractures, ou une série de failles parallèles, ont rompu cette formation et placé à différens niveaux les fragmens qui provenaient de cette fracture. Cette époque de bouleversement est antérieure au dépôt du grès bigarré, du muschelkalk et des marnes irisées qui s'étendent autour de ces montagnes. Il semble que ces dernières roches se soient déposées dans une mer où les montagnes qui constituent le système du Rhin formaient des îles ou des presqu'îles. Le dépôt du plus ancien de ces trois groupes de couches, le grès bigarré, paraît avoir suivi sans interruption celui du grès des Vosges; car, dans les points où les deux formations sont superposées, il y a passage de l'une à

l'autre. Le mouvement qui a élevé le grès des Vosges en plateaux, dont le grès bigarré est venu ceindre la base, doit, par conséquent, avoir été brusque et de peu de durée.

La production des fractures qui caractérisent le système du Rhin ne paraît pas avoir été circonscrite dans les contrées rhénanes. On observe des traces de fractures analogues et semblablement dirigées, dans les montagnes comprises entre la Saône et la Loire, dans celles du centre et du midi de la France, et jusque dans les parties littorales du département du Var.

VI. *Système du Thuringerwald, du Bohmerwaldgebirge, du Morvan.*

M. de Buch a remarqué en Allemegne un système de dérangement de stratification qui court de l'O. 40° N. à l'E. 40° S., et dont les contours sont dessinés par le terrain jurassique déposé par couches presque horizontales dans un ensemble de mers et de golfes. Ce dépôt n'a pas été affecté; mais tous ceux qui lui sont antérieurs, tels que le grès bigarré, le muschelkalk et la marne irisée que nous avons vus tout à l'heure rester horizontaux au pied du grès des Vosges, se trouvent plus ou moins redressés, comme toutes les couches qui leur sont antérieures. Mais M. de Beaumont fait remarquer que ce mouvement doit avoir été brusque et de peu de durée, puisque, dans beaucoup de parties de l'Europe, il y a liaison entre les dernières couches des marnes irisées et les premières couches du grès du lias, ce qui montre que la nature et la distribution des sédimens a changé à cette époque géologique, sans que la continuité de leur dépôt ait été interrompue.

Ces accidens comprennent la plus grande partie de

ceux que M. de Buch a groupés sous le nom de système du nord-est de l'Allemagne. Le Thuringerwald et la partie du Bohmerwald-gebirge comprise entre la Bohême et la Bavière, qui en forment presque exactement le prolongement, sont le chaînon le plus proéminent de cet ensemble d'accidens, plus étendu que prononcé, et peuvent servir à donner un nom à tout le système.

En France, comme en Allemagne, on peut reconnaître les traces d'un ridement général du sol dans la direction du N. 50° O. au S. 50° E.; mais ce ridement n'a produit, dans l'une et l'autre de ces deux contrées, que des accidens d'une faible saillie. Au centre de la France, près d'Avallon et d'Autun, on voit les premières couches jurassiques, le lias et l'arkose qui en dépend, venir embrasser des protubérances allongées dans la direction N. 50° O. — S. 50° E., et composées à la fois de roches granitiques et de couches dérangées du terrain houiller et d'un arkose particulier, contemporain des marnes irisées. La même direction et des circonstances géologiques analogues, se retrouvent dans une série de montagnes et de collines serpentineuses, porphyritiques, granitiques et schisteuses, qui, depuis les environs de Firmy, dans le département de l'Aveyron, se dirige vers l'île d'Ouessant, en déterminant la direction générale des côtes de la Vendée et des côtes sud-ouest de la Bretagne.

VII. *Système du Mont Pilas, de la Côte-d'Or et de l'Erzgebirge.*

Après le dépôt des calcaires jurassiques, il y eut un grand déplacement dans les eaux calcarifères. De nouveaux calcaires se déposèrent encore; mais leur nature changea ainsi que les lieux où s'opérait leur sédiment.

Avant le dépôt de la craie et des grès verts, qui font partie de cette dernière formation, il dut y avoir un mouvement du sol très-prononcé pour changer des niveaux, mais assez brusque pour ne pas interrompre, sur un certain nombre de points, l'accumulation des sédimens, dont la nature cependant changea comme celle des animaux qui habitaient les eaux dans lesquelles ils s'opéraient.

Cette variation subite paraît avoir coïncidé avec la formation d'un ensemble de chaînons de montagnes parmi lesquelles on peut citer la Côte-d'Or (en Bourgogne), le Mont-Pilas (en Forez), les Cévennes et les plateaux du Larzac (dans le midi de la France), et même l'Erzgebirge (en Saxe).

Ces différens chaînons font partie d'une série presque continue d'accidens du sol qui se dirigent à peu près du N.-E. au S.-O. ou de l'E. 40° N. à l'O. 40° S. depuis les bords de l'Elbe jusqu'à ceux du canal de Languedoc et de la Dordogne, et dont la communauté de direction et la liaison de proche en proche conduisent à penser que l'origine a été contemporaine, que la formation s'est opérée dans une seule et même convulsion.

Comme on devait naturellement s'y attendre, la direction des chaînes du Mont-Pilas, de la Côte-d'Or, de l'Erzgebirge et des autres chaînes, qui ont pris leur relief actuel immédiatement avant le dépôt du grès vert et de la craie, a eu une grande influence sur la distribution de ce terrain dans la partie occidentale de l'Europe. On conçoit, en effet, qu'elle a dû avoir une action très-marquée sur la disposition des parties adjacentes de la surface du globe, qui, pendant la période du dépôt de ce terrain, se trouvaient à sec ou submergées. Parallèlement aux directions des chaînes

que nous venons de citer, s'étend, des bords de l'Elbe et de la Saale, à ceux de la Vienne, de la Charente et de la Dordogne, une masse de terrain qui formait évidemment, dans la mer qui déposait le terrain crétacé inférieur, une presqu'île, liée, vers Poitiers, aux contrées montueuses, déjà façonnées à cette époque, de la Vendée, de la Bretagne, et par elles à celles du Cornouailles, du Pays de Galles, de l'Irlande et de l'Ecosse. La mer ne venait plus battre jusqu'au pied des Vosges; un rivage s'étendait des environs de Ratisbone vers Alais, et le long de cette ligne on reconnaît beaucoup de dépôts littoraux de l'âge du grès vert, tels que ceux de la perte du Rhône et des hautes vallées longitudinales du Jura. Plus au sud-est, on voit le même dépôt prendre une épaisseur et souvent des caractères qui prouvent qu'il s'est déposé sous une grande profondeur d'eau. Il est à remarquer que le dépôt du grès vert et de la craie a pris des caractères différens sur les diverses côtes de la presqu'île citée ci-dessus, et ce n'est peut-être que dans le large golfe qui continua long-temps à s'étendre, entre la même presqu'île et les montagnes du pays de Galles, du Derbyshire, de l'Ecosse, et de la Scandinavie, qu'il s'est déposé avec cette consistance crayeuse de laquelle est dérivé son nom général, quoiqu'elle tienne, selon toute apparence, à une circonstance exceptionnelle.

VIII. *Système du mont Viso.*

Selon M. de Beaumont, le terrain de craie qui est postérieur au système de rides précédent, peut se partager en deux assises d'âge différent, entre lesquelles aurait encore eu lieu une nouvelle dislocation du sol. Les grandes assises de craie, les grès verts en auraient

été redressés, tandis que la craie blanche, la craie marneuse existeraient en couches horizontales.

La ligne de partage de ces deux systèmes de couches paraît correspondre à l'apparition d'un système d'accidens du sol que M. de Beaumont propose de nommer *système du mont Viso,* d'après une seule cime des Alpes françaises qui, comme presque toutes les cimes alpines, doit sa hauteur absolue actuelle à plusieurs soulèvemens successifs, mais dans laquelle les accidens de stratification propre à l'époque qui nous occupe se montrent d'une manière très-prononcée.

Les Alpes françaises et l'extrêmité sud-ouest du Jura, depuis les environs d'Antibes et de Nice jusqu'aux environs de Pont-d'Ain et de Lons-le-Saulnier, présentent une série de crêtes et de dislocations dirigées à peu près vers le nord-nord-ouest, et dans lesquelles les couches du terrain crétacé inférieur se trouvent redressées aussi bien que les couches jurassiques. La pyramide de roches primitives du Mont Viso est traversée par d'énormes failles qui, d'après leur direction, appartiennent à ce système de fractures.

M. de Beaumont ajoute quelques exemples de dislocation appartenant à cette époque, à l'île de Noirmoutiers, à Orthès, dans les Pyrénées, et dans quelques parties de l'Espagne et de la Grèce.

IX. *Système des Pyrénées.*

Les terrains de sédiment peuvent se diviser en trois étages, selon leur ancienneté. La craie termine le second de ces étages; et avant que le troisième ait commencé de se déposer, eut lieu une grande dislocation qui donna naissance aux Pyrénées. Par conséquent, toutes les roches antérieures à la craie, et celle-ci comprise, doi-

vent être relevées sur les pentes de ces montagnes, tandis que celles qui composent les terrains de sédiment supérieurs doivent venir s'appuyer horizontalement contre leur base. C'est précisément ce que l'on remarque aussi.

Les Pyrénées forment entre la France et l'Espagne un système isolé presque de toutes parts. La direction qui y domine le détache également des systèmes de montagnes de l'intérieur de la France et de ceux qui traversent l'Espagne et le Portugal. Cette chaîne, considérée en grand, s'étend depuis le cap Ortégal en Galice, jusqu'au cap de Creuss en Catalogne; mais elle paraît composée de la réunion de plusieurs chaînons parallèles entre eux, qui courent de l'ouest 18° nord à à l'est 18° sud, dans une direction oblique, par rapport à la ligne qui joint les deux points les plus éloignés de la masse totale.

Cette direction des chaînons partiels, dont la réunion constitue les Pyrénées, se retrouve dans une partie des accidens du sol de la Provence, qui ont en même temps cela de commun avec eux, que toutes celles des couches du système crétacé qui y existent y sont redressées, tandis que toutes les couches tertiaires qu'on y rencontre s'étendent transgressivement sur les tranches des premières.

La réunion des mêmes circonstances caractérise les chaînons les plus considérables des Apennins. Les principaux accidens du sol de l'Italie centrale et méridionale, et de la Sicile, se coordonnent à quatre directions principales, dont l'une, qui est celle des accidens les plus étendus, est parallèle à la direction des chaînons des Pyrénées. On la reconnaît dans les montagnes situées entre Modène et Florence, dans les Morges, entre Bari et Tarente, dans un grand nombre d'autres crêtes

intermédiaires, et même dans deux rangées de masses volcaniques qui courent, l'une à travers la terre de Labour, des environs de Rome à ceux de Bénévent, et l'autre, dans les îles Ponces, de Palmarola à Ischia. Ces dernières masses, bien que d'une date probablement plus moderne, semblent marquer, comme des jalons, les lignes de fractures du sol qu'elles ont traversé.

X. *Système des îles de Corse et de Sardaigne.*

Nous venons de voir plus haut que la formation de craie était naturellement partagée en deux étages et que son ensemble formait la limite supérieure des terrains de sédiment moyens. Les terrains de sédiment supérieurs ou tertiaires qui la recouvrent peuvent aussi se partager en plusieurs séries. On en trouve du moins trois qui paraissent assez distinctes et dont la division paraît confirmée par l'apparition de plusieurs systèmes de soulèvemens, dont le plus ancien, dirigé du nord au sud, correspond à la ligne de séparation entre le premier et le second étage de ces terrains, ou bien entre la formation gypseuse et le grès de Fontainebleau ou l'arkose de l'Auvergne.

Au nombre de ces soulèvemens, se trouvent les chaînes qui bordent les hautes vallées de la Loire et de l'Allier, et dans le sens desquelles se sont alignés les monts Dômes, près Clermont.

C'est dans les larges sillons dirigés du nord au sud, qui séparent ces chaînes, que se sont déposés les terrains d'eau douce de la Limagne d'Auvergne et de la haute vallée de la Loire.

La vallée du Rhône qui, à partir de Lyon, se dirige aussi du nord au sud, a de même été comblée jusqu'à un certain niveau par un dépôt tertiaire dont les cou-

ches inférieures, très-analogues à celles de l'Auvergne, sont également d'eau douce, mais dont les couches supérieures sont marines. Ici la régularité des couches tertiaires a été fortement altérée, dans les révolutions liées aux soulèvemens très-récens des Alpes occidentales et de la chaîne principale des Alpes.

La même direction se retrouve dans le groupe des îles de Corse et de Sardaigne, dont les côtes présentent des dépôts tertiaires récens en couches horizontales. La ligne de direction des îles de Corse et de Sardaigne, prolongée vers le nord, traverse la partie nord-ouest de l'Allemagne, en passant à peu de distance de la masse basaltique du Meissner qui, ainsi que plusieurs autres masses de même nature situées dans les contrées voisines, se coordonne à des accidens qui courent du nord au sud, en affectant toutes les couches secondaires.

Il est assez curieux de remarquer, dit M. de Beaumont, que les directions du système du Pilas et de la Côte-d'Or, de celui des Pyrénées et de celui des îles de Corse et de Sardaigne, sont respectivement presque parallèles à celles du système de Westmoreland et du Hundsruck, du système des ballons et des collines du Bocage, et du système du nord de l'Angleterre. Les directions correspondantes ne diffèrent que d'un petit nombre de degrés, et les systèmes correspondans des deux séries se sont succédé dans le même ordre, ce qui conduit à l'idée d'une sorte de récurrence périodique des mêmes directions de soulèvement ou de directions très-voisines.

XI. *Système des Alpes occidentales.*

Les Alpes, qui forment la chaîne la plus étendue et

sous tous les rapports la plus considérable de l'Europe, sont loin d'offrir l'uniformité des Pyrénées, où l'on voit un seul soulèvement imprimer à cette grande série une même direction et un grand ensemble d'allure. La chaîne des Alpes n'a pas été formée d'un seul jet, ou par la continuation des mêmes forces; elle a été créée à des époques distinctes, et doit par conséquent offrir plusieurs systèmes de direction. En effet, le relief des parties les plus hautes et les plus compliquées des Alpes, de celles qui avoisinent le Mont-Blanc, le Mont-Rose, le Finster aar-Horn, résulte principalement du croisement de deux de ces systèmes récens, qui se rencontrent sous un angle de 45 à 50°, et qui se distinguent du système Pyrénéo-Apennin par leur direction comme par leur âge. Par suite de la disposition croisée de ces deux systèmes, les Alpes forment un coude à la hauteur du Mont-Blanc, et après s'être dirigées depuis l'Autriche jusqu'en Valais, suivant une direction peu éloignée de l'est $\frac{1}{4}$ nord-est, à l'ouest $\frac{1}{4}$ sud-ouest, elles tournent brusquement pour se rapprocher de la ligne nord-nord-est, sud-sud-ouest. S'il n'y avait là qu'une inflexion pure et simple dans une chaîne de montagnes d'un seul jet, qui vient simplement à s'arquer, on verrait peu à peu la direction des couches et des crêtes s'infléchir pour passer de la direction de l'un des systèmes à celle de l'autre; tandis qu'on voit au contraire, le plus souvent, les directions des couches et des crêtes se rattacher assez distinctement tantôt à l'un, tantôt à l'autre, et les deux systèmes se pénétrer comme on conçoit qu'ils doivent le faire, s'ils sont le résultat de deux phénomènes entièrement distincts.

Les Alpes occidentales n'ont donc été soulevées qu'à une époque récente, entre l'étage moyen et l'étage supérieur des terrains tertiaires. Les mollasses ou grès co-

quilliers sont relevés sur leurs flancs, tandis que les dépôts calcaires de la vallée de la Bresse et d'une partie de l'Isère s'étendent en couches horizontales sur les couches redressées des dépôts antérieurs. Ce n'est du reste qu'à une certaine distance de la chaîne occidentale des Alpes que l'on peut observer cette disposition horizontale des couches supérieures des terrains de sédiment, car lors du soulèvement des Alpes, des dislocations antérieures, telles que celles du Mont-Viso, avaient déjà élevé le terrain, et les eaux s'en étaient retirées immédiatement après le dépôt de la craie. Ce n'est donc qu'aux extrêmités de la chaîne où à une certaine distance de sa base, que le sol a pu rester submergé, et que les eaux ont pu faire de nouveaux sédimens.

Les Alpes ne sont pas la seule partie de l'Europe méridionale dans laquelle les terrains tertiaires de l'étage moyen aient été affectés par des dislocations dirigées à peu près du nord-nord-est au sud-sud-ouest, ou plus exactement parallèlement à un arc de grand cercle passant par Marseille et Zurich. Aux environs de Narbonne, commence une série de dislocations qui affectent les mêmes terrains, et qui courant sensiblement dans le même sens, déterminent la direction générale de la côte d'Espagne jusqu'au cap de Gates. Le chaînon de montagnes qui, dans l'empire de Maroc, commence au cap Très-Forcas, paraît en être le prolongement. La Calabre, la Sicile et la régence de Tunis présentent un grand nombre de dislocations et de crêtes dirigées de la même manière.

Ce n'est qu'après cette grande convulsion géologique que l'Europe a présenté un grand espace continental. Les eaux marines ont alors abandonné les bassins méditerranés qu'elles occupaient encore, et les dépôts

de couches marines ne se sont plus formés que sur les côtes ou dans les golfes de quelques contrées voisines. Mais il restait encore des lacs d'eau douce alimentés par des cours d'eau, comme ceux que l'on remarque actuellement au pied des montagnes de la Suisse. Des couches de sable, de marne et de cailloux roulés ont fini par les combler, et l'on retrouve aujourd'hui dans ces dépôts de nombreux amas de bois fossiles qui paraissent provenir d'espèces d'arbres déjà assez peu différentes de celles de nos contrées. Alors vivaient à la surface de notre continent « l'hyène et l'ours des cavernes, l'éléphant velu, des mastodontes, des rhinocéros, des hippopotames, animaux dont les espèces aujourd'hui perdues, paraissent avoir été détruites dans la révolution qui, en changeant en partie la face du système des Alpes occidentales, a donné à la masse des Alpes la forme qu'elle nous présente aujourd'hui et a achevé de façonner le continent européen. »

XII. *Système de la chaîne principale des Alpes (depuis le Valais jusqu'en Autriche).*

M. de Beaumont regarde comme la dernière en Europe, la dislocation qui a élevé les principales chaînes des Alpes; elle a eu lieu, d'après lui, à une époque très-récente, pendant laquelle des terrains de transport se déposaient encore au pied de ces montagnes. Les couches visibles dans les vallées du Rhône, de l'Isère, de la Saône et de la Durance ont été redressées, tandis que les matériaux destinés à les former, et qui venaient se déposer dans ces vallées, ont été entraînés violemment par de puissans cours d'eau qui les charriaient vers la Méditerranée. On ne peut guère douter que ces courans, auxquels on a donné le nom de *diluviens*, bien

que les phénomènes naturels n'offrent aucune liaison avec les miracles de la Genèse, n'aient eu pour cause le déversement des eaux de ces grands lacs et peut-être aussi la fonte subite des neiges accumulées sur la chaîne occidentale des Alpes. Quoique récente, cette irruption a probablement précédé l'existence de l'homme, mais elle a déterminé en Europe l'anéantissement de plusieurs races d'animaux, et notamment de ceux dont nous avons cité les noms un peu plus haut.

Ce système de rides a eu un très-grand développement, car on peut reconnaître que les crêtes de la Sainte-Baume, de Sainte-Victoire, du Leberon, du Ventoux et de la montagne du Poet, dans le midi de la France; la crête principale des Alpes, qui court du Valais vers l'Autriche; la crête moins haute et moins étendue, qui comprend en Suisse le mont Pilate, les deux Myten, etc., sont différens chaînons de montagnes qui, malgré leur inégalité, sont comparables entre eux, à cause de leur parallélisme et des rapports analogues qu'ils présentent avec les accidens des Alpes occidentales. Le parallélisme, l'analogie de rapports dont on vient de parler, présentent à eux seuls de fortes raisons de croire que tous ces chaînons de montagnes ont pris naissance en même temps, et ne sont que différentes parties d'un même tout, d'un système de fracture unique opéré en un moment. On pourrait tout au plus concevoir l'idée de les diviser en deux groupes, celui de la Provence et celui des Alpes, mais on en est immédiatement détourné par les rapports analogues qu'on reconnaît entre ces diverses fractures des couches et un mouvement général que le sol d'une partie de la France a éprouvé, en contractant une double pente ascendante, d'une part, de Dijon et de Bourges vers le Forez et l'Auvergne, et de l'autre, des bords de la Méditerranée

vers les mêmes contrées. Ces deux pentes opposées donnent lieu par leur rencontre à une espèce de ligne de faîte qui est située précisément dans le prolongement de la ligne de soulèvement de la chaîne principale des Alpes. Cette ligne, qu'on voit se suivre ainsi d'une manière plus ou moins marquée depuis les confins de la Hongrie jusqu'en Auvergne, semble être en rapport avec les principales anomalies que les mesures géodésiques et les observations du pendule nous ont dévoilées dans la structure intérieure de notre continent. Il est probable que sa formation a donné, pour ainsi dire, le signal de l'élévation des cratères de soulèvement du Cantal et du Mont-Dore, autour desquels se sont groupés depuis les cônes volcaniques de l'Auvergne.

Les deux pentes opposées dont nous venons de parler, ne se sont produites qu'après l'existence des lacs dans lesquels s'est accumulé le terrain de transport ancien; car on peut vérifier que le fond de celui de ces deux lacs qui couvrait la Bresse et le nord-ouest du département de l'Isère, a subi un relèvement considérable du nord vers le midi, et que le fond du lac qui s'étendait entre Digne, Manosque et Barjols, a subi un relèvement plus considérable encore du midi vers le nord.

C'est à cette dernière époque de soulèvement que M. de Beaumont rapporte l'apparition d'un grand nombre de masses d'ophite qui ont percé le sol en une multitude de points, notamment dans les Pyrénées, où elles ont été étudiées par M. Dufresnoy, et qui ont soulevé jusqu'au sable des Landes, dont l'âge se rapporte à la partie supérieure des terrains de sédiment.

Il faudrait bien se garder de juger le travail de M. de Beaumont sur les notes peu étendues que nous venons d'en extraire; cependant ce peu de mots suffit pour faire sentir toute l'importance de ses recherches

et pour faire comprendre la haute portée de cette théorie qui donne une explication naturelle de toutes les grandes actions géologiques qui ont agi sur la terre depuis sa création.

M. de Beaumont a essayé d'étendre sa théorie du parallélisme des rides d'une même époque aux principales chaînes qui traversent les autres continens; mais ce sont de simples aperçus sur lesquels il a voulu appeler l'attention des géologues. Les faits manquent pour établir de tels rapports, et nous nous contenterons ici d'avoir exposé ses vues relatives aux montagnes de l'Europe, parce qu'elles suffisent pour faire comprendre les idées du savant géologue qui les a émises ou réunies.

CHAPITRE VINGT-HUITIÈME.

QUELQUES CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

SUR LA

THÉORIE DES VOLCANS ET DES SOULÈVEMENS.

L'ACTION volcanique, en donnant à cette expression toute l'étendue possible, n'est pas un phénomène local, c'est une grande puissance qui agit sans cesse, qui modifie continuellement la croûte extérieure du globe, mais dont les effets ne sont sensibles pour nous qu'à certaines époques de recrudescence, où ils se manifestent alors avec une grande intensité. M. de Humboldt définit cette action : l'*influence qu'exerce l'intérieur d'une planète sur son enveloppe extérieure, dans les diffiérens stades de son refroidissement.* C'est en effet cette action intérieure qui est la cause première des volcans, des tremblemens de terre et des soulèvemens. Nous l'avons déjà étudiée en parlant des eaux minérales et des tremblemens de terre; mais nous devons y revenir ici, comme ayant acquis maintenant les données nécessaires pour ramener à une même cause diversement modifiée, tous ces grands faits géologiques qui viennent de nous occuper dans les chapitres précédens.

Nous ne mettrons plus en doute la chaleur centrale, qu'un si grand nombre d'expériences ont démontrée

et qu'une foule de phénomènes attestent tous le jours ; mais nous allons essayer d'en faire l'application à la théorie des volcans et des soulèvemens.

Lorsque le globe terrestre, primitivement incandescent, commença de se refroidir, les matières gazeuses, qui formaient l'atmosphère, commencèrent aussi à agir à leur point de contact avec les matières solides. Il s'établit donc une surface d'action aussi étendue que le globe lui-même et sur laquelle les phénomènes chimiques se passaient avec une activité telle qu'on peut la supposer à des matières non oxidées qui s'imprègnent d'oxigène, qui brûlent et s'oxident sur une aussi grande étendue. L'action volcanique était donc alors à la surface entière du globe, et notre planète devait projeter une vive lumière.

Nous ignorons quels étaient à cette époque les élémens qui se trouvaient à l'extérieur du globe, mais en voyant les oxides, nous pouvons connaître leurs radicaux, et nous savons que le silicium, l'aluminium, le calcium, etc., étaient nécessairement ceux qui dominaient, et en même temps ceux que leur moindre pesanteur spécifique avait dû laisser à l'extérieur.

Ces corps, une fois oxidés, formèrent une croûte très-mince sur notre planète ; mais peu à peu elle augmenta en épaisseur, et cette croûte d'oxides fondus dut bientôt s'opposer à l'action de l'oxigène sur la terre, en formant autour d'elle une couche impénétrable. Dès lors l'action changea et diminua d'intensité. Les corps gazeux de l'atmosphère ne purent plus agir directement sur les corps oxidables de l'intérieur, et il dut s'opérer une sorte de *cémentation*, c'est-à-dire que l'oxigène était enlevé par un corps non oxidé à la couche qui le recouvrait ; celle-ci le puisait de suite dans la couche supérieure; celle-ci au-dessus d'elle, et ainsi de suite jus-

qu'à ce qu'enfin l'oxigène fût puisé dans l'atmosphère. C'est un phénomène analogue à celui que présente le fer dans la fabrication de l'acier. On laisse pendant long-temps des barres de fer d'une certaine épaisseur en contact à une haute température avec du charbon. Ces deux substances ne peuvent agir qu'à leur surface de contact, le charbon ne peut pas entrer dans l'intérieur des barres de fer, et cependant il y pénètre, et le fer se change en acier, depuis la surface jusqu'au centre. Il est clair que cette combinaison se fait peu à peu et par un passage successif de molécules de charbon, par une sorte de déplacement au profit des parties intérieures, déplacement qui est tout de suite compensé par le charbon extérieur. Enfin, cette action cesse quand le morceau de fer tout entier est saturé de charbon.

Or, c'est une action tout-à-fait analogue qui a eu lieu sur la terre. Dès qu'une couche d'oxide a intercepté le contact immédiat de l'atmosphère, alors la cémentation a commencé et tout nous prouve qu'elle dure encore; tout nous fait présumer qu'elle continuera tant qu'il y aura dans l'intérieur du globe des matières à oxider, tant qu'il y aura à l'extérieur des matières oxidantes.

A mesure que la cémentation et le refroidissement auront lieu, l'eau devra nécessairement pénétrer dans la masse oxidée, et celle-ci devra s'en imbiber comme le ferait une sphère d'argile desséchée que l'on plongerait dans ce liquide et que l'on aurait préalablement échauffée auparavant. La surface, qui serait la première portion refroidie, absorberait l'eau la première. L'eau absorbée par la première couche passerait bientôt dans la seconde couche refroidie. Une troisième couche s'imbiberait du liquide qu'elle prendrait à la seconde, et pendant ce temps l'eau extérieure continuerait de

pénétrer. Il y aurait encore là un phénomène de cémentation ; car l'eau qui finirait par arriver jusqu'au centre, aurait nécessairement passé par toutes les couches extérieures. Si, dans cette supposition, le liquide était en très-petite proportion relativement à la sphère solide, il en résulterait que toute l'eau serait absorbée sans que l'affinité de cette sphère pour l'eau fut satisfaite.

La terre se trouve encore dans la même situation. L'eau y pénètre par imbibition ou par des fissures, à mesure qu'elle se refroidit ; il doit donc y avoir à la fois diminution d'eau et d'air à sa surface. Notre époque historique est trop courte, pour que nous ayons pu nous en apercevoir encore ; mais, selon toute apparence, des planètes plus petites sont déjà arrivées au point que nous atteindrons plus tard. La lune est privée d'eau et d'atmosphère, parce que probablement elle n'avait, comme la terre, qu'une couche d'eau et une masse d'air beaucoup trop petite pour qu'il y ait un reste après la saturation.

En admettant cette opinion, que les observations sont loin de démentir, l'avenir de notre planète serait gravement compromis, puisqu'elle finirait par manquer d'eau et d'air, ou du moins d'air oxigéné ; car rien ne nous prouve encore que l'azote soit absorbé comme l'oxigène.

Il résulterait de cette manière de voir qu'il existe dans chaque planète qui ne serait pas complètement éteinte, une surface d'action située à des profondeurs variables pour chacune d'elles, mais que nous savons du moins être au-dessous de la surface pour toutes celles de notre système planétaire, puisque aucune, le soleil excepté, n'est lumineuse à l'extérieur.

Pour la terre, il est bien difficile de déterminer la

position actuelle de cette surface d'action. Elle doit s'abaisser toujours, quoique très-lentement, et nous allons essayer de démontrer comment les phénomènes volcaniques ont toujours été en rapport avec son plus ou moins de distance de l'extérieur.

L'air et l'eau ne doivent pas atteindre la même profondeur. Cette dernière doit s'arrêter à une certaine distance qui n'est probablement pas la limite de l'air, en sorte qu'en tenant compte des affinités capillaires qui permettent à ces deux corps de pénétrer à une assez grande profondeur, il doit encore exister deux surfaces d'action superposées, ou du moins, les réactions doivent s'opérer entre les deux limites. Nous ne savons pas maintenant quel est le genre d'action qui s'exerce à une si grande profondeur et sous une aussi forte pression; il en résulte, selon toute apparence, des matières solides oxidées qui s'échappent naturellement des volcans sous la forme de laves plus ou moins modifiées, et qui autrefois ont formé les autres roches d'épanchement, plus, des matières gazeuses qui sortent aussi par les soupiraux volcaniques, par les fentes du terrain, avec les eaux minérales, etc. Mais à l'exception des gaz qui s'échappent avec ces eaux, on ne connaît rien de la nature des émanations gazeuses des volcans en activité. On sait qu'ils laissent dégager de l'acide hydrochlorique, de l'acide sulfureux, de l'azote et de l'hydrogène peut-être carboné, ou plus souvent sulfuré, et de l'acide carbonique; mais en quelle proportion ces matières s'échappent-elles de leur bouche, et d'ailleurs a-t-on jamais recueilli les gaz pendant les paroxismes, et sur plusieurs volcans en éruption? Il faut donc attendre des analyses faites dans les conditions convenables, et en assez grand nombre, ce qui sera toujours très-difficile à obtenir.

Les mêmes inconvéniens n'existent pas pour les matières solides qui ont fait éruption à travers la croûte du globe, à différentes époques; car pour celles-ci on observe réellement des différences. Les granites, les porphyres, les siénites, les trachytes, les basaltes et les laves modernes offrent dans leur composition des différences très-remarquables, et le quarz, à l'état de pureté, semble diminuer en quantité dans toutes les roches, à mesure qu'elles approchent de l'époque actuelle. Il semblerait donc que le silicium qui a produit le quarz et qui est aussi un des corps simples solides les plus légers, était à la partie supérieure du bain de matières fondues, lorsqu'il commença de se consolider.

Il semble qu'il y ait eu aussi pour les matières gazeuses un ordre successif d'apparition; car jusqu'à présent on n'a guère reconnu l'acide carbonique dans les éruptions volcaniques, et il est au contraire très-commun quand les volcans s'éteignent, dans les sources thermales, dans les salses, enfin chaque fois que l'action volcanique est sur son déclin ou présente peu d'activité.

Il se passe donc dans l'intérieur de la terre des actions chimiques et d'autres qui sont tout-à-fait mécaniques, et qui sont dues principalement à la vapeur d'eau; mais celle-ci seule ne saurait occasionner les grands phénomènes de dislocation ni les éruptions volcaniques, tandis que l'on peut très-bien supposer que certaines actions chimiques produisent des matières gazeuses dont la tension détermine quelques effets dynamiques sur la croûte du globe. Cela est d'autant plus probable, que l'on voit les laves qui sont fortement comprimées avant leur sortie, être chassées et soulevées par des gaz abondans. Ces mêmes laves, quand elles sortent, se gonflent, se tuméfient et laissent encore dégager une grande quantité de gaz.

L'inégalité de refroidissement dans la partie extérieure et intérieure de la terre peut aussi contribuer aux phénomènes volcaniques. Aussi, M. Cordier les considère-t-il comme un simple effet de retrait, comme un résultat simple et naturel du refroidissement extérieur du globe, un effet purement thermométrique. La masse fluide interne, dit ce savant géologue, est soumise à une pression croissante qui est occasionnée par deux forces dont la puissance est immense, quoique les effets soient lents et peu sensibles. D'une part, l'écorce solide se contracte de plus en plus, à mesure que la température diminue, et cette contraction est nécessairement plus grande que celle que la masse centrale éprouve dans le même temps; de l'autre, cette même enveloppe, par suite de l'accélération insensible du mouvement de rotation, perd de sa capacité intérieure, à mesure qu'elle s'éloigne davantage de la forme sphérique. Les matières fluides intérieures sont forcées de s'épancher au dehors, sous forme de lave, par les évents habituels qu'on a nommés volcans, et avec les circonstances que l'accumulation préalable des matières gazeuses qui sont naturellement produites à l'intérieur, donne aux éruptions.

M. Cordier regarde comme le *maximum* de la masse des matières qui s'échappent à chaque éruption, le volume d'un kilomètre cube, masse bien peu considérable relativement à celle du globe. Répartie à sa surface, elle formerait une couche qui n'aurait pas $\frac{1}{500}$ de millimètre d'épaisseur. En termes exacts, si l'on suppose à l'écorce de la terre une épaisseur moyenne de vingt lieues de 5,000 mètres, il suffirait dans cette enveloppe d'une contraction capable de raccourcir le rayon moyen de la masse centrale de $\frac{1}{494}$ de millimètre pour produire la matière d'une éruption. Si, en par-

tant de ces données, continue M. Cordier, on veut supposer que la contraction seule produit le phénomène, et que par toute la terre il se fait cinq éruptions par an, on arrive à trouver que la différence entre la contraction de l'écorce consolidée et celle de la masse interne, ne raccourcit le rayon de cette masse que d'un millimètre par siècle. S'il n'y a que deux éruptions par an, le même raccourcissement s'opère en deux siècles et demi. On voit que, dans tous les cas, il suffit d'une action excessivement petite pour produire les phénomènes (1).

M. Cordier part d'un principe qu'il met lui-même en doute la *flexibilité de l'écorce terrestre;* mais en supposant que les effets dont il parle, la *flexibilité* et le *retrait* de la partie extérieure aient eu lieu dans le principe et aient occasionné les premières éruptions, qui n'avaient à percer qu'une enveloppe encore très-mince, il ne s'ensuit pas que les mêmes résultats doivent encore se produire. Il est à peu près certain que le refroidissement s'opérant d'abord à la surface du globe, l'extérieur a dû se contracter plus que la partie interne. L'inverse peut maintenant avoir lieu, et tandis que M. Cordier explique par la pression, les éruptions et les phénomènes volcaniques, M. de Beaumont essaie de remonter aux causes primitives des soulèvemens par des effets contraires. Loin d'admettre que la croûte extérieure se contracte par le refroidissement de manière à comprimer la masse intérieure encore liquide ou pâteuse, M. de Beaumont pense que dans l'état avancé où se trouve maintenant le refroidissement séculaire de notre globe, il doit exister un rapport tout différent de

(1) Cordier, *Annales des Mines*, 2e série, 1827, p. 131.

celui qui est exprimé par M. Cordier entre la capacité de son enveloppe solide et le volume de sa masse interne. « Dans un temps donné, dit M. de Beaumont, la température de l'intérieur des planètes s'abaisse d'une quantité beaucoup plus grande que celle de leur surface, dont le refroidissement est aujourd'hui presque insensible. Nous ignorons sans doute quelles sont les propriétés physiques des matières dont l'intérieur de ces corps est composé; mais les analogies les plus naturelles portent à penser que l'inégalité de refroidissement, dont on vient de parler, doit mettre leur enveloppe dans la nécessité de diminuer sans cesse de capacité, malgré la constance presque rigoureuse de leur température, pour ne pas cesser d'embrasser exactement leurs masses internes dont la température décroît sensiblement. Elles doivent par suite s'écarter légèrement et d'une manière progressive de la figure sphéroïdale qui leur convient, et qui correspond à un *maximum* de capacité; et la tendance graduellement croissante à revenir à une figure à peu près de cette nature, soit qu'elle agisse seule, ou qu'elle se combine avec les autres causes intérieures de changement que les planètes peuvent renfermer, pourrait peut-être rendre complètement raison de la formation subite des rides et des diverses tubérosités qui se sont produites par intervalles dans la croûte extérieure de la terre, et probablement aussi de tous les autres corps planétaires (1).»

En admettant la théorie de M. Cordier, relativement au retrait et aux phénomènes de pression, les soulèvemens des chaînes de montagnes seraient l'effet des érup-

---

(1) Élie de Beaumont, *sur les Soulèvemens des montagnes*, dans Labèche, p. 665.

tions diverses, qui, à des époques différentes, auraient fracturé la croûte de la terre; les granites, les porphyres, les roches amphiboliques, les trachytes, les ophites, les basaltes et la lave auraient successivement apparu en perçant et quelquefois en soulevant l'écorce consolidée du globe.

Si, au contraire, nous regardons comme plus naturelle l'hypothèse de M. de Beaumont, ces éruptions diverses ne seront plus la cause, mais le résultat des grandes dislocations. La matière éruptive, au lieu de déterminer les fractures des couches, se sera seulement glissée dans les interstices que ces fractures auront laissés entre elles.

Ces deux modes d'action ont probablement eu lieu à des époques différentes.

Dans le système de soulèvemens par éruptions, on peut admettre que l'élévation d'une chaîne de montagnes, ou la création d'un cratère de soulèvement, s'est opéré par une série successive de secousses comme celles qui élèvent maintenant la côte du Chili; dans le système opposé, il faut supposer que l'élévation a eu lieu d'un seul jet et dans un temps assez court; car une ride qui s'opère au moyen de fractures, un plissement dans l'enveloppe déjà solide d'une sphère dont la capacité diminue en s'éloignant de la forme sphérique, doit avoir eu lieu presque instantanément. Et l'on conçoit très-bien alors que les couches fracturées ont dû rester dans la position qu'elles avaient prise, tandis que la même chose n'a pas toujours eu lieu dans les éruptions, puisque nous avons déjà cité l'exemple de dômes trachytiques qui s'étant ouverts, avaient laissé échapper diverses matières et s'étaient ensuite refermés.

Les volcans, tels qu'ils se présentent de nos jours, ne paraissent pas avoir contribué à ces différens soulèvemens de l'écorce de la terre. Ils n'en sont qu'un résultat.

Nous les voyons tous placés, ou sur la ligne de faîte d'une chaîne volcanique, ou au pied de cette même chaîne, position qui semble assez naturelle, parce que la résistance est nécessairement moindre là où les fractures se sont opérées. Or, le soulèvement d'une partie de terrain en série plus ou moins longue, doit présenter au moins trois fractures, sur l'une desquelles la matière volcanique se fera jour de préférence, ayant moins de couches à traverser. Tantôt c'est au sommet de la chaîne, tantôt c'est à la base, et quelquefois sur deux ou plusieurs lignes parallèles, comme on le remarque pour les volcans éteints de l'Auvergne. Si des terrains de sédimens appuient sur un des côtés, la résistance sera plus forte, et les volcans paraîtront plutôt sur la fracture qui sera le plus à découvert. Cette seule disposition des bouches volcaniques suffirait pour indiquer les fractures. Du reste, celles-ci servent souvent d'issue à plusieurs roches successives. En Auvergne, la ligne des volcans s'est ouverte sur une fracture du granite qui avait été remplie par des amphibolites. Les trachytes ont percé cette ligne pour s'élever, et la plupart des dômes ont ensuite été percés par des laves ou cachés sous des scories. La fréquence des volcans sur le bord des continens ou dans les îles tient à la position de ces fractures. Les contours de ces grandes terres sont souvent marqués par des failles, comme elles ont été aussi l'origine première de la direction de la plupart des cours d'eau. (*Fig.* XLVIII et XLIX.)

La situation des volcans dans les îles tient à la même cause qui les place sur les montagnes. Les îles n'étant que le sommet de chaînes sous-marines, les éruptions ont lieu sur la ligne de fracture. Quant à l'appareil volcanique lui-même, à ces cônes de scories, aux cratères et aux laves, tout cela tient à l'époque actuelle,

tout cela caractérise et nous prouve la grande épaisseur de la partie solidifiée de la terre.

On conçoit en effet que le refroidissement graduel de la surface du globe et l'accroissement progressif de l'épaisseur de la croûte, ont dû singulièrement modifier les dislocations diverses qui ont altéré l'uniformité de surface du sphéroïde terrestre.

Quand la matière en fusion commençait à se figer, les moindres actions donnaient lieu à des oscillations que l'on ne pouvait pas encore désigner sous le nom de soulèvemens. De larges marées se faisaient sentir plus régulièrement que celles qui ont lieu maintenant sur l'Océan. Ces marées ont même eu la puissance de briser à plusieurs reprises la pellicule solide qui tendait à se former. Cette croûte a pu, après un certain laps de temps, et aux époques où le soleil et la lune se trouvaient dans les circonstances les plus favorables pour opérer la grande marée, être percée par des vagues de matières fondues qui se seront étendues à sa surface, et ainsi ont dû être créés les premiers terrains d'épanchement, formés selon toute apparence par les granites. Les plus grandes de ces marées terrestres ne pouvaient s'élever au delà de 4 à 5 mètres, et M. Cordier, qui suppose à l'écorce du globe un reste de flexibilité, pense que ce phénomène s'exerce encore, quoique très-faiblement, sur toute la masse de la terre.

Cette écorce, si elle n'est plus flexible maintenant, a dû l'être autrefois, mais cette propriété remarquable a nécessairement diminué à mesure que son épaisseur augmentait. La cémentation, d'abord très-active, s'est peu à peu ralentie à mesure que le noyau oxidable s'est enveloppé d'une couche plus épaisse d'oxides vitrifiés.

Les phénomènes de soulèvemens n'ont donc pu commencer qu'après la solidification de la croûte terrestre,

et comme cette croûte était peu épaisse, facile à rompre ou à soulever, les soulèvemens ont dû être fréquens, et en même temps très-simples, n'offrant aucune complication, élevant à peine sur les pentes quelques couches de sédiment qui commençaient à se déposer. Il y eut même très-probablement un certain nombre de rides qui se formèrent avant le dépôt des sédimens, et que leur faible élévation rend peu sensibles. L'épaississement de la croûte, le poids des dépôts sédimenteux, l'action de moins en moins intense de la cémentation et de l'émission de chaleur, ont nécessairement éloigné ces grandes convulsions, mais leur intensité a dû augmenter dans ces mêmes proportions. L'intervalle entre deux révolutions successives, doit aller sans cesse en croissant; mais comme la résistance à laquelle nous devons l'accroissement de durée de ces périodes de tranquillité, mesure précisément l'énergie des forces qui doivent briser l'enveloppe solidifiée, nous devons en conclure que la grandeur des phénomènes qui en seront le résultat ira toujours aussi en augmentant. Déjà nous avons des preuves de ce développement progressif des forces intérieures, en comparant la grandeur des chaînes soulevées avec les époques. Les Pyrénées, les Alpes sont au nombre des soulèvemens les plus récens, et quelle différence entre la masse et l'élévation de ces montagnes et celles des premiers systèmes que nous avons décrits. L'Hymalaya, qui vraisemblablement appartient à un des systèmes les plus récens, a soulevé des corps organisés jusqu'à la hauteur prodigieuse de 5,500 mètres sur ses pentes (1).

La masse énorme des Andes, qui de l'extrêmité sud

---

(1) *Correspondance* de Victor Jacquemont, t. I, p. 243.

de l'Amérique s'étend pour ainsi dire jusqu'au pôle nord, paraît être le dernier trait que les soulèvemens ont ajouté au relief du globe, et c'est certainement le plus saillant. Un mouvement aussi étendu que celui qui dut être occasionné par l'apparition de cette vaste chaîne, doit avoir produit de grands phénomènes sur la terre. D'immenses oscillations ont dû agiter les mers, et des lames proportionnées à la puissance qui les mettait en mouvement, ont dû balayer les continens émergés, et soulever les sédimens jusqu'au fond des abîmes de l'Océan. Qui sait si cette Atlantide dont l'existence est quelquefois considérée comme fabuleuse, n'a pas disparu dans cette grande convulsion de la nature ? Peut-être l'élévation de cette chaîne est-elle contemporaine de l'existence de l'homme, et a-t-elle contribué à l'une de ces grandes inondations qui sont inscrites à une date presque uniforme dans les archives de tous les peuples. C'est un doute qu'élève lui-même M. de Beaumont, en donnant le nom de système des Andes, qu'il regarde comme le plus récent, « à cet énorme bourrelet montagneux qui court entre l'Océan Pacifique d'une part, et les continens des deux Amériques et de l'Asie de l'autre, en suivant depuis le Chili jusqu'à l'empire des Birmans, la direction d'un demi-grand cercle de la terre, et en servant comme d'axe central à cette ligne volcanique en zig-zag, qui suivant ça et là les fractures plus anciennes sans s'écarter de la zône littorale, forme, ainsi que l'a remarqué M. de Buch, la limite la plus naturelle du continent de l'Asie, et peut être considéré comme séparant la partie aujourd'hui la plus continentale du globe terrestre de la partie la plus maritime (1). »

---

(1) M. De Beaumont, dans Labèche, p. 661.

Il est donc très-possible que la série des soulèvemens du sol ne soit pas terminée, et que de nouvelles dislocations viennent détruire une partie des races existantes, et changer encore la configuration de notre planète. Les observations télescopiques nous font voir dans la lune, non pas des chaînes, mais des groupes de montagnes, qui, relativement au volume de notre satellite, sont plus élevées que les nôtres, et il n'y aurait rien d'extraordinaire à supposer que ce globe a éprouvé ses derniers soulèvemens, tandis que le nôtre est encore à les attendre. Nous sommes, il est vrai, dans une période de tranquillité et de calme qui dure depuis très-long-temps, et qui probablement s'étendra encore bien loin; mais le temps n'est rien pour la nature : c'est un élément que nous plaçons toujours en première ligne, parce que nous comparons toutes nos chronologies à notre existence, ne pouvant les comparer à celle des corps célestes.

Peut-être aussi la communication presque régulière qui existe maintenant, au moyen des volcans, entre l'intérieur du globe et l'atmosphère, est-elle une sorte de garantie analogue aux soupapes de sûreté que l'on applique aux machines à vapeur pour en prévenir les explosions; peut-être enfin l'épaisseur de la croûte terrestre a-t-elle acquis les limites au-delà desquelles ses grandes fractures ne peuvent plus s'opérer; mais ces ébranlemens, ces violentes secousses que nous éprouvons si souvent, et qui ont désolé tant de contrées, anéanti des villes si populeuses et enseveli tant d'habitations, sont des signaux qui nous rappellent fréquemment le peu de stabilité de notre demeure et la fragilité de notre existence.

En admettant qu'il se produise encore de nouveaux soulèvemens, nous devons supposer qu'ils auront lieu

sur les continens ou dans leur voisinage, et qu'ils profiteront des lignes de fractures déjà établies. Ainsi nous avons déjà remarqué que plusieurs systèmes séparés par de longs intervalles, et dont l'âge ne peut être confondu, ont affecté une semblable direction. Il en résulte que les soulèvemens récens doivent être plus compliqués que les anciens, par la raison qu'ils peuvent se surajouter, comme nous venons de le dire, et ensuite parce qu'ils peuvent se croiser. Cet effet a lieu quelquefois, et en général il en résulte d'abord un soulèvement extraordinaire, et une montagne très-élevée, comme le Mont-Blanc en est un exemple, et ensuite une sorte de cirque analogue aux cratères de soulèvement, mais produit sur une dimension généralement plus grande. M. de Buch cite comme cirque de ce genre la vallée de Mexico, et M. de Beaumont celui du Mont-Blanc entouré de hautes montagnes, ainsi que celui de l'Elbrouz dans la chaîne du Caucase. En comparant les hauteurs relatives des deux cimes du Mont-Blanc et de l'Elbrouz avec celle de quelques points culminans de leur cirque, et rattachant ces observations à celles des hauteurs comparatives du pic de Ténériffe et de la Caldéra, il arrive aux proportions suivantes qui sont remarquables par leur ressemblance :

Cimes.		*Bords des cirques.*		*Rapport.*
Mont-Blanc....	:	Buet.....	::	1 : 0,646.
Elbrouz.....	:	Inal.....	::	1 : 0,648.
Pic de Teyde...	:	Los Adulejos...	::	1 : 0,758.

Les anomalies que l'on rencontre dans les soulèvemens de certaines chaînes, peuvent aussi provenir d'une cause bien difficile à apprécier, de l'inégalité d'épaisseur de la couche terrestre, et par conséquent de l'inégalité du refroidissement. La température exté-

rieure et le plus ou moins de conductibilité des roches, doivent influer sur cette circonstance, et en admettant ce raisonnement, la croûte solide de la terre devrait être plus mince sous la zône torride, et plus épaisse vers les pôles ; ce serait par conséquent dans les régions équatoriales qu'elle devrait se percer de préférence. L'observation ne dément pas cette supposition. Il semble même que diverses chaînes de montagnes disparaissent avant d'arriver aux pôles, et M. Le Play croit que l'on peut attribuer à cette cause l'abondance des mers aux deux extrêmités de la terre et leur grande profondeur (1).

Il ne faudrait cependant pas conclure de là que la force volcanique n'agit plus vers les régions polaires, l'Islande prouve le contraire, et les derniers voyages de recherches vers le pôle sud ont fait découvrir non-seulement quelques îles, mais des Archipels dont l'existence ne peut être que récente, et sur lesquels l'absence des quadrupèdes et l'originalité de la végétation se réunissent pour leur assigner une émersion peu éloignée de l'époque actuelle.

Quelques phénomènes presque dépendans des grandes dislocations du sol se sont passés avant l'entière solidification de ces roches cristallisées qui ont primitivement recouvert le globe. Un des principaux consiste dans la présence de dépressions plus ou moins grandes qui existaient à cette époque, et dont la plupart ont été comblées par des eaux d'abord, et ensuite par des sédimens. On conçoit qu'avant la consolidation de la croûte terrestre, ou lors même qu'étant solidifiée elle n'avait qu'une faible épaisseur, des affaissemens

---

(1) Le Play, sur les Soulèvemens des montagnes, *Annales des Mines*, 3e série, t. VI, p. 515.

ont dû se former toutes les fois que dans des oscillations de la masse fondue, la croûte solide a porté à faux. On voit facilement que lors du soulèvement ou du ridement d'un système de montagnes, des dépressions ont pu avoir lieu au pied de la chaîne, par le départ d'une certaine quantité de matière éruptive, et en même temps par la pression de couches solides maintenues sur une matière liquide qui s'est échappée quand une issue s'est présentée. D'un autre côté, le refroidissement successif mais inégal de diverses portions de la masse terrestre superficielle, a dû laisser une cavité plus ou moins large et peu profonde dans la partie qui s'est refroidie la dernière. Ce phénomène, que nous observons sur toutes les matières fondues, même en petite quantité, a dû se produire en grand pendant ce refroidissement séculaire auquel ont été soumises toutes les parties de la terre. Nous retrouvons ces dépressions produites par simple retrait sur tous les plateaux de basalte horizontalement situés. Les innombrables cratères de la lune, nous offrent une longue suite de ces dépressions ou de ces cavités formées par retrait. La terre nous en présenterait aussi beaucoup sans doute, si les parties qui doivent en avoir en plus grande quantité n'étaient pas cachées sous les eaux de l'Océan, et si d'un autre côté de nouveaux et puissans dépôts de sédiment n'avaient pas nivelé une grande partie de ces cavités primitives. Les mêmes effets de comblement n'ont probablement pas eu lieu sur la lune. Sur la terre, la seule dépression de ce genre qui soit un peu considérable est le bassin de la mer Caspienne.

Les soulèvemens ont pu aussi produire la dispersion des blocs erratiques, en occasionnant la fonte subite de glaces ou de neige existant déjà sur une chaîne voisine ou sur une chaîne qu'un système plus récent

serait venu croiser. C'est ainsi du moins que M. de Beaumont explique le transport des blocs des Alpes, au moyen de grands courans formés tout-à-coup, qui les auraient entraînés avec violence, et quelquefois à d'immenses distances.

C'est aussi aux fractures occasionnées pendant l'élévation des montagnes, et au redressement des couches de sédiment qu'il faut rapporter l'origine première d'un grand nombre de cavernes appartenant à des terrains divers.

Enfin, c'est à la même cause qu'il faut attribuer ces fentes si nombreuses, quelquefois remplies par en haut, plus souvent injectées par en bas, et que l'on désigne sous le nom de filons. Leurs caractères méritent d'être soigneusement étudiés.

CHAPITRE VINGT-NEUVIÈME.

SUR QUELQUES ACTIONS CHIMIQUES

DÉPENDANTES DE LA CHALEUR CENTRALE.

L'EXAMEN des grands phénomènes d'éruption et de dislocation dans l'écorce solide de la terre, nous a fait remarquer un fait très-important. C'est qu'il doit exister et qu'il existe en effet de nombreuses communications de l'intérieur du sol avec l'extérieur. Ce sont des fractures, des fentes plus ou moins larges, plus ou moins étendues, qui ont servi de passage à toutes les matières qui se sont épanchées du dedans au dehors.

Les corps qui ont fait partie de ces différentes éruptions, se présentent sous trois états : *gazeux*, *liquides*, *solides* ou *pâteux*. Ces deux derniers modes n'en contiennent réellement qu'un seul, puisque les corps pâteux deviennent solides par le refroidissement.

Nous avons étudié déjà d'une manière générale la nature et les caractères des corps gazeux, des eaux minérales, et des roches d'épanchement qui, seules ou réunies, s'échappent du sein de la terre ; mais jusqu'ici nous n'avons fait aucune mention des matières déposées sur les parois pendant le trajet, ni des altérations produites par le contact de ces matières sur les mêmes parois.

Nous n'avons pas non plus examiné assez attentive-

ment les différentes phases du refroidissement des roches ignées, ainsi que les réactions des divers élémens qui les composent, soumis à un refroidissement plus ou moins rapide et à des actions électriques plus ou moins intenses. Ce sont ces matières qui nous restent à étudier, avant de passer à la classification des terrains. Nous allons donc successivement passer en revue : 1° Les filons ou l'ensemble des matières déposées dans les fissures de communication de l'intérieur à l'extérieur; 2° les actions de contact et principalement la dolomisation; 3° les phénomènes de refroidissement et de liquation.

DES FILONS EN GÉNÉRAL.

Nous donnerons d'abord à ce nom son acception la plus étendue, et nous considérerons les filons comme des masses allongées plus ou moins importantes, allant de l'intérieur à l'extérieur du sol. Ce sont pour nous des fentes provenant de fractures ou des fissures plus ou moins étendues qui ont été remplies en totalité ou en partie; ce sont les routes au moyen desquelles les matières de l'intérieur du globe sont arrivées à sa surface.

On voit que nous excluons des filons tous ceux qui auraient pu être remplis par en haut par *dépôts mécaniques* ou *chimiques*. Nous considérons ces derniers comme des fentes remplies plus ou moins analogues aux cavernes à ossemens, comme de simples dérangemens dans la stratification régulière des terrains, ou de simples accidens dans les massifs non stratifiés. Nous les avons étudiés plus haut et nous n'y reviendrons plus, quoique l'on puisse supposer avec quelque raison que certaines fractures, remplies par le haut, aient aussi été injectées par le bas.

Nous partagerons les filons en deux séries. Dans la première nous placerons les *filons d'injection*, dans la seconde les *filons de dépôt*, divisions auxquelles on pourrait aussi donner le titre de filons *pierreux* ou *métallifères*; mais elle aurait l'inconvénient d'être moins exacte.

Il est bien peu de phénomènes qui soient aussi compliqués que celui de la création des filons de diverses espèces. Il faut bien se garder de généraliser les observations que l'on peut faire sur ce sujet dans une contrée, et de l'appliquer à la théorie générale des filons, car cette théorie se compose d'une infinité de détails, et nous montre à chaque instant les grandes variétés de moyens que possède la nature pour arriver à un même résultat.

Nous ne pouvons, dans un ouvrage élémentaire, traiter comme elle mérite de l'être, l'importante question des filons. Nous renverrons les personnes qui désireraient sur ce sujet de plus amples détails, à un ouvrage très-remarquable de M. Fournet, professeur à la faculté des sciences de Lyon (1); on y trouvera, réunis à la plus profonde érudition, un style d'une grande lucidité et les observations les plus judicieuses. Ce beau travail nous a été très-utile dans la rédaction de ce chapitre.

Filons d'injection.

Cette catégorie contient un grand nombre de filons qui ont traversé indistinctement les roches cristalisées et les terrains stratifiés, selon l'époque à laquelle ils ont paru. Ils sont en général composés eux-mêmes de ro-

---

(1) *Etudes sur les dépôts métallifères*, un vol. in-8°; Paris, Levrault et J.-B. Baillère.

ches cristallisées, quelquefois analogues à celles qu'ils traversent et plus souvent différentes. Nous voyons de nos jours de tels filons se former dans les terrains volcaniques. Nous en avons décrit un exemple en parlant des éruptions de l'Etna, et nous en voyons fréquemment dans les environs des volcans éteints. Ils sont produits par la matière même des roches volcaniques, qui s'injecte dans les fractures occasionnées par les tremblemens de terre. Tantôt le filon reste encaissé et ne se manifeste pas au dehors (*Fig.* L); d'autres fois il vient affleurer et forme même souvent comme une haute muraille (*Fig.* LI), due à la décomposition de la roche encaissante, tandis que lui a résisté et fait saillie. On donne à cette espèce de filons volcaniques le nom de *dykes*.

On voit aussi ces mêmes filons verser une petite quantité de matière lavique, qui, arrivant pâteuse, se fige sur le lieu même de son origine (*Fig.* LII), et forme ce qu'on appelle des *culots*. Enfin, si la matière vomie par le filon est assez liquide, elle s'épanche et forme une nappe ou coulée plus ou moins épaisse, plus ou moins étendue, selon les circonstances variées auxquelles elle est soumise. Il peut même arriver que dans des terrains stratifiés la matière fondue se glisse entre deux couches avant d'arriver au jour, et forme une coulée intérieure que l'on pourrait facilement confondre avec une véritable couche. Cet épanchement interne empêche ordinairement, mais pas toujours, un second épanchement au dehors. (*Fig.* LIII.)

Non-seulement les laves, les basaltes et les trachytes ont donné naissance à de semblables filons, mais il en est de même des porphyres, des mélaphyres, des roches amphiboliques, des granites et de plusieurs autres substances.

L'âge de ces filons détermine généralement leur forme et leur épaisseur. Ceux qui sont les plus modernes ont été injectés dans des fissures résultant de fractures nettes au milieu de roches entièrement solidifiées, dont ils ont peut-être un peu fondu les parois ; mais les plus anciens, sortant à travers des roches qui n'étaient pas encore bien solides, ont dû nécessairement les écarter, et ont pu prendre des formes si irrégulières qu'elles se confondent avec les véritables massifs de roches cristallisées. Ce ne sont pas des filons, ce sont de véritables *amas*, comme ceux de certains porphyres dans les granites, ou des amphibolites et des serpentines dans plusieurs autres roches.

Chacune des roches qui se présente en filons dans les autres, a eu pour son apparition une époque moyenne à laquelle elle a atteint son *maximum* de fréquence, mais en deçà et au delà de cette époque, elle a oscillé pendant long-temps avant d'atteindre son apogée, ou de cesser ses injections.

Nous ne citerons pas les nombreuses localités où l'on peut observer ces filons divers, encaissés dans des roches tout-à-fait différentes, mais nous reviendrons plus loin sur l'action du contact de ces différentes masses avec la gangue qui en forme les parois.

Les matières métalliques se rencontrent assez rarement dans les filons d'injection, et si elles s'y trouvent, c'est disséminées dans la masse même du filon, comme si elles étaient contemporaines de la matière injectée. Ces filons, en pénétrant dans les fentes pour les remplir, ont quelquefois détaché des parois, des fragmens de la roche encaissante, qui se sont mêlés avec la matière éruptive, et que l'on retrouve dans leur intérieur. Cela est même arrivé pour des roches stratifiées qu'ils ont traversées, et des masses contenant des fossi-

les ont pu se trouver empâtées dans des roches évidemment cristallisées.

Un fait fort singulier, c'est que ces masses minérales indiquent souvent la présence de matières métalliques dans leur voisinage. Il semble qu'elles aient ouvert les voies, et que des sublimations où des agens chimiques, pénétrant par ces premières fissures, aient formé à une petite distance des dépôts plus ou moins métallifères.

Filons de dépôt.

Sous le nom de dépôt, nous entendons des matières qui n'ont pas été injectées, mais déposées par des vapeurs ou des liquides. Tels sont, selon toute apparence, les filons métallifères. Ce sont ces derniers qui ont été principalement étudiés, à cause des richesses qu'ils renferment, et les mineurs les ont connus bien avant les géologues.

« Les filons, dit M. Fournet, sont des masses minérales non stratifiées, de forme à peu près tabulaire, c'est-à-dire, dont l'étendue en hauteur et en longueur est beaucoup plus grande que celle en épaisseur. Ils *coupent* presque toujours un terrain ou une masse quelconque de roches, au moins dans une partie de leur cours, et ils sont d'une nature ou d'une structure différente de celle des terrains qu'ils traversent (1). »

Depuis long-temps les mineurs ont donné aux différentes parties des filons des noms que les géologues ont adoptés. Les deux faces principales d'un filon (*Fig.* LIV) prennent le nom de *salbandes;* mais on ne les désigne ainsi qu'autant qu'elles sont de na-

(1) Fournet, p. 17.

ture ou au moins de couleur différente de la masse. On nomme *épontes* les parois sur lesquelles s'appuient les salbandes; et comme le filon est presque toujours incliné, l'éponte supérieure prend le nom de toît, et l'inférieure celui de mur. Quand une partie du filon vient effleurer la surface du sol, on l'appelle *affleurement* ou *tête de filon*. On nomme gangue les matières terreuses ou pierreuses qui enveloppent les minerais métalliques.

Les salbandes n'existent pas toujours; quelquefois il n'y en a qu'une, d'autres fois une de chaque côté, ou un plus grand nombre. Elles sont en général de même nature dans chaque filon et toujours disposées dans le même ordre.

Position des filons. — Ils coupent en général les couches obliquement ou perpendiculairement; quelquefois ils se trouvent entre deux couches ou au point de contact de deux terrains. On détermine la position d'un filon au moyen de deux lignes droites tracées sur le plan d'une des salbandes: une d'elles, menée horizontalement, fait un certain angle avec la méridienne; cet angle, donné par la boussole, est la *direction* du filon. Une seconde ligne, menée sur la salbande perpendiculairement à la première, fait avec l'horizon un angle qui détermine l'*inclinaison* du filon.

Forme.—Il est assez difficile de déterminer la forme des filons métallifères; ce sont en général des masses aplaties, dont les deux faces restent parfois parallèles sur une grande étendue; d'autres fois le filon s'amincit ou s'élargit par en bas, ou bien il se renfle ou s'amincit de distance en distance. Les filons se divisent souvent en rameaux, quelquefois très-nombreux, mais pres-

que toujours sur le même plan. Ils peuvent aussi se réunir et former de véritables faisceaux qui marchent ensemble.

Dimensions ou puissance. — La largeur des filons métallifères, à parois parallèles, est sujette à quelques variations remarquables. Si l'on fait abstraction des branches et filons accompagnans, elle ne dépasse en général pas un mètre. Sur plus de cent filons contenus dans les montagnes de Freiberg, Werner a pu à peine en observer quelques-uns qui atteignaient deux mètres. Cependant le Nordlauer, en Franconie, que l'on cite pour le plus grand de l'Allemagne, a une puissance de 10 à 12 mètres; le Burgstadtergang, dans le Hartz, en a depuis 40 jusqu'à 60; mais il paraît qu'on pourrait le regarder comme un plexus de plusieurs autres filons. Le filon principal de Schemnitz, en Hongrie, qui est le Spitaler, a jusqu'à 36 mètres en quelques points; enfin celui de Guanaxuato, au Mexique, aurait de 40 à 45 mètres, d'après M. de Humboldt.

Ces filons si larges, qui ont généralement aussi une grande étendue, ne sont pas cependant toujours les plus abondans en substances métalliques; les mines d'or et d'argent de Cremnitz, en Hongrie, en sont un exemple; le filon principal de ces mines, qui a jusqu'à 30 mètres de largeur, n'est presque pas exploité, et on s'attache à travailler plusieurs petites branches qui partent de ce filon. Il semble que la matière métallifère ait été trop peu abondante pour subvenir au remplissage d'une si vaste cavité, et qu'elle s'est concentrée de préférence par une sorte d'attraction en quelques rognons que l'on exploite si le hasard y conduit. D'ailleurs, une pareille dilatation n'a pu se faire sans que d'énormes blocs se soient détachés des parties latérales pour tom-

ber dans la fente, et ce ne sont guère que leurs intervalles qui ont pu se combler de minerais (1).

Richesse. — Elle dépend de la quantité de minerai qui existe dans un filon. On remarque, sous ce rapport, d'énormes inégalités. La roche que le filon pénètre a une grande influence sur la composition, et par conséquent sur la richesse, qui présente de singulières anomalies, quand le filon traverse plusieurs espèces de terrains. La profondeur est aussi une circonstance qui peut faire varier la nature et la quantité du minerai.

On voit des filons qui se trouvent déjà nobles sous la terre végétale, d'autres ne le deviennent qu'à une certaine profondeur; enfin, le minerai peut y changer complètement de nature, et le filon en éprouver un appauvrissement.

En Hongrie, les minerais les plus riches ne se trouvent pas immédiatement à la surface, ni à une grande profondeur; ils occupent une position moyenne entre 80 et 150 toises au-dessous du niveau du sol, quelles qu'en soient les irrégularités. Plus bas, le mélange du minerai avec la gangue devient de plus en plus intime; aussi les opérations de lavage qu'il faut faire subir aux minerais avant la fonte, se compliquent à tel point que souvent on est forcé de suspendre l'exploitation sans que les filons se soient montrés plus étroits qu'à leur affleurement. Dans la Transylvanie, beaucoup de veines d'or ont été remplacées dans la profondeur par des minerais de plomb. Dans le Bannat, on a vu le fer opérer cette substitution (2).

---

(1) Fournet, *sur les Dépôts métallifères*, page 157.
(2) Fournet, p. 167.

Il semble que l'élévation plus ou moins grande au-dessus du niveau de la mer fasse éprouver des modifications aux richesses métalliques.

Dans l'ancien continent, les filons de Freiberg et de Clausthal, qui traversent des montagnes de gneiss et de grauwacke, viennent au jour sur des plateaux dont l'élévation au-dessus du niveau de la mer n'est que de 400 et 500 mètres. Cette élévation peut être regardée comme la hauteur moyenne des mines les plus abondantes de l'Allemagne. Dans le nouveau continent, les richesses métalliques sont déposées par la nature sur le dos même des Cordillères, quelquefois dans des sites peu éloignés de la limite des neiges perpétuelles. Les exploitations les plus célèbres du Mexique se trouvent à des hauteurs absolues de 1,800 à 3,000 mètres. Dans les Andes, les districts des mines de Potosi, d'Oruro, de la Paz, de Pasco et de Hualgayoc, appartiennent à une région dont l'élévation surpasse celle des plus hautes cimes des Pyrénées. Près de la petite ville de Micuipampa, dont la grande place, d'après une mesure exacte, est élevée de 3,618 mètres au-dessus du niveau de la mer, un amas de minerai d'argent, connu sous le nom du Cerro de Hualgayoc, à offert d'immenses richesses dans ses affleuremens à une hauteur absolue de 4,100 mètres (1).

La longueur des filons est considérable, et tout porte à croire qu'ils s'étendent à une distance quelquefois très-grande.

On cite à Freiberg, comme un phénomène remarquable, le filon appelé *kalsbrukner spath*, qui a été

---

(1) Humboldt, *Essai politique sur la Nouvelle-Espagne*, t. III, p. 142.

reconnu dans une longueur de 6,200 mètres. La Vetamadre de Guanaxuato est exploitée depuis Santa-Isabela et San-Bruno, jusqu'à Buenavista, sur une longueur de plus de 12,700 mètres.

Pour donner une idée de la richesse métallique incluse dans ce filon, il suffira de rappeler que la mine de Valenciana, pendant un espace de quarante ans, n'a jamais cessé de donner à ses propriétaires moins de deux à trois millions de francs de profit annuel, et la somme d'argent extraite s'élevait à plus de quatorze millions. Cependant cet énorme produit est dû bien plutôt à la grande facilité de l'exploitation et à l'abondance des minerais qu'à leur richesse intrinsèque, qui ne dépasse pas celle des masses du même ordre de l'Europe.

Le percement et le muraillement des trois anciens puits de tirage ont coûté près de six millions.

La consommation de la poudre seule a été de 400,000 f. par an; celle de l'acier, pour les pointerolles et les fleurets, s'est montée à 150,000 fr.; et enfin trois mille individus sont employés aux divers travaux.

Malgré la puissance de ces filons, malgré la persévérance des hommes, tout l'argent extrait depuis trois siècles de toutes les mines de l'Amérique, ne formerait qu'une sphère de 85 pieds de diamètre (1) : que l'on compare cette sphère à la masse de la terre qui a 3,000 lieues de diamètre!

Composition. — Les filons contiennent beaucoup de minéraux cristallisés, et l'on aurait plutôt fait de donner la liste de ceux que l'on n'y a pas encore rencontrés, que de citer tous ceux qu'on y trouve. Ils sont toujours bien

---

(1) Humboldt, *Fragmens asiatiques*, t. II, p. 583.

plus riches en espèces que la roche qui les environne, et l'on y exploite la plupart des métaux.

Certains minerais se présentent d'ailleurs fréquemment associés. Ainsi, il est ordinaire de rencontrer la blende avec la galène; le cobalt, le nikel et le bimuth natif sont ordinairement réunis. L'étain se rencontre presque toujours avec le wolfram, le molybdène et la pyrite arsénicale. L'argent natif est assez fréquent dans les gangues spathiques, et l'or, au contraire, dans celles quarzeuses et ferrugineuses.

D'autres minerais semblent s'exclure mutuellement; aussi voit-on rarement l'étain avec le minerai d'argent. Le cinabre est ordinairement seul ou tout au plus avec quelques pyrites ferrugineuses (1).

On trouve aussi dans les filons de l'argile, des galets, des corps organisés, etc.; mais ces derniers corps indiquent des fentes remplies par en haut plutôt que de véritables filons.

Structure. — Elle est généralement due à la réunion de plusieurs bandes parallèles correspondantes à partir des deux parois; quelquefois même le centre est vide.

M. d'Aubuisson mentionne ainsi un filon composé de couches de baryte sulfaltée et de chaux fluatée, diversement colorées, et disposées avec une si exacte symétrie de part et d'autre, qu'avec la règle et le compas on n'aurait pu faire mieux. Ce géologue remarque que cette structure est exactement ce qu'elle aurait été si la fente eût été remplie d'un dissolvant ou de diverses dissolutions qui auraient successivement déposé sur les parois différens précipités, et il ajoute que la coupe de

---

(1) Fournet, p. 140.

certaines géodes, et celle de certains tuyaux de conduite, dans lesquels les eaux ont fait des dépôts successifs, présentent des faits analogues.

« Cette extrême régularité n'a pas toujours lieu : quand, par exemple, les filons renferment des fragmens de roche adjacente, empâtés dans leur masse, le métal s'est porté de préférence autour d'eux, et il les a enveloppés d'une couche plus ou moins épaisse. Ces faits sont fréquens dans les mines du Hartz. Le plomb sulfuré y porte le nom de *ringertz* ou de minerai en anneau.

» Lorsque la matière qui constitue les dépôts dont nous venons de parler a manifesté une tendance à la cristallisation, on remarque que la pointe des cristaux est toujours tournée vers l'intérieur du filon, ou au moins vers le côté qui lui présentait le plus d'espace vide pour son développement. Chaque couche successive prend en conséquence sur celle de ces faces tournée vers la plus ancienne l'empreinte des cristaux adjacens, tandis que les cristaux qu'elle porte sur l'autre face enfoncent leur pointe dans la suivante. Enfin, les cristaux qui ont achevé le remplissage se présentent leurs sommets et s'engrènent les uns dans les autres quand ils viennent à se rencontrer.

» Quand ces couches successives ne se joignent pas et qu'elles laissent un vide entre elles, il en résulte des cavités revêtues de cristaux qui forment les druses, les fours ou les poches à cristaux. Ces cavités sont presque toujours oblongues, parallèles aux salbandes, et se trouvent le plus souvent dans les renflemens des filons, où la matière incrustante paraît, par conséquent, n'avoir pas abondé suffisamment pour pouvoir opérer leur remplissage complet : elles sont évidemment les restes de l'ouverture primitive. »

On cite de ces cavités qui contiennent une grande quantité d'eau (1).

Rapport des filons avec les terrains environans.—Les filons suivent en général la même direction et la même inclinaison que la pente du terrain ; mais presque toujours un des côtés de la roche est descendu, et c'est ordinairement le toit. Il semble qu'il y ait eu glissement des deux parties quand la fente s'est formée.

Rapport des filons entre eux.—Les filons ont entre eux de nombreux rapports. Dans une même contrée, ils ont généralement la même direction quand ils sont du même âge ; ils affectent une sorte de parallélisme comme les chaînes de montagnes soulevées dont ils sont peut-être une dépendance. Mais il arrive souvent que plusieurs systèmes de filons se rencontrent et se croisent ; ils se coupent naturellement, comme le font aussi quelques systèmes de montagnes. Si un système en coupe un autre dans un endroit, il le coupera dans tous les autres, ce qui prouve des formations différentes. Il est clair que le filon coupé est plus ancien que le coupeur. Cette intersection de deux filons a quelquefois lieu sans autre dérangement qu'un simple écartement des parties coupées, mais le plus souvent il y a en même temps déplacement dans un sens ou dans l'autre. Il s'opère une sorte de glissement qui rend quelquefois difficile la recherche du filon perdu. On observe pourtant généralement qu'il faut se diriger du côté de l'angle obtus formé par l'intersection de deux filons, et le rejet

(1) Fournet, p. 143.

est d'antant plus considérable que l'angle est plus obtus. (*Fig.* LVII.)

Quelquefois ces croiseurs, en rencontrant un filon principal très-solide, n'ont pu le traverser; mais ils s'arrêtent brusquement à sa rencontre. On désigne cette circonstance en disant que l'un d'eux *intercepte* ou *arrête* l'autre.

Enfin, on voit des filons voisins qui courent ensemble sous un pareil angle comme s'ils allaient se rejoindre; mais au moment où ils devraient se réunir, l'un d'eux s'écarte de sa direction primitive, de manière à former comme un K. Le fait s'est présenté pour un des filons de Sainte-Marie-aux-Mines, qui tendait d'abord à couper celui de Surlatte, et s'en est éloigné ensuite sans le toucher (1).

Anomalies que présentent les filons dans les terrains qu'ils traversent. — Nous avons déjà vu, en parlant de la richesse des filons, qu'elle variait selon les roches qu'ils traversaient, et que le filon s'élargissait beaucoup en pénétrant certaines roches, telles que les roches schisteuses et les calcaires que les Anglais nomment *métallifères*. Les filons de Kongsberg, en Norwège, sont stériles dans le schiste micacé, et deviennent très-productifs dans les bancs de roche connus sous le nom de Faalbænder; dans le Hartz, à Andréasberg, les filons qui passent du schiste argileux dans le schiste siliceux perdent de leur richesse dans cette dernière roche; dans le Cornouailles, d'après MM. Elie de Beaumont et Dufrénoy, la mine de cuivre de Huel-Alfred, à Pillack, présenta la circonstance remarquable que le

(1) Fournet, p. 109, 103.

filon sur lequel elle était établie produisait très-peu de minerai tant qu'il se trouvait dans le killas (roche schisteuse), et s'enrichit dès qu'il vint en contact avec l'elvan (roche porphyrique); à la profondeur de 240 mètres, il rentra dans le killas, et sa richesse déclina à tel point qu'on fut obligé d'abandonner l'exploitation.

Le filon d'étain de Huel-Vor était productif dans le killas, et il s'enrichit encore en pénétrant dans l'elvan, et même s'y ramifia de manière à imprégner toute la masse de l'elvan de minerai d'étain, ce qui détermina une exploitation sur la largeur d'environ vingt pieds.

Dans le Derbyshire, les filons de plomb, qui passent du calcaire métallifère aux couches amygdaloïdes (basaltiques ou amphiboliques) connues sous le nom de toadstone, éprouvent non-seulement un changement en puissance, mais encore en richesse. Ainsi, dans la mine de Sevenrakes, au lieu d'un seul filon bien réglé que l'on possédait dans le calcaire, on n'a trouvé dans le toadstone qu'un assemblage de petits filons assez parallèles, très-rapprochés, dans lesquels on trouve peu de galène, quoique la gangue y soit la même que dans le calcaire; du reste, il ne paraît nullement vrai, ainsi que l'avait déjà fait remarquer M. Brochant de Villiers, que les filons soient interrompus totalement à la rencontre du toadstone, comme on l'a avancé dans presque tous les ouvrages de géologie (1).

Nous empruntons ces exemples à l'excellent travail de M. Fournet; ce savant en cite encore plusieurs autres du plus grand intérêt, que l'étendue de cet ouvrage ne nous permet pas de rapporter.

---

(1) Fournet, p. 53.

De l'origine des filons de dépôt.

La disposition et la régularité des différentes zônes qui composent ordinairement les filons, peuvent jusqu'à un certain point justifier le titre que nous leur donnons; car tout semble indiquer qu'ils sont formés de matières successivement déposées, par des gaz, par des liquides, et peut-être même par quelques injections. Quant à nous, quoique d'une opinion d'abord différente de celle qu'a développée M. Fournet, des études ultérieures, après la lecture de son ouvrage, nous ont fait adopter sa manière de voir, très-clairement exprimée dans le passage suivant :

Si nous joignons à diverses corrélations citées dans cet ouvrage celles non moins remarquables que M. Dufrénoy a observées dans les Pyrénées, entre les ophites, les gypses et le sel gemme; celles que M. Tournal a observées entre les basaltes péridoteux et les dépôts gypseux de Sainte-Eugénie, dans le département de l'Aude, et qui toutes deux sont encore accompagnées de petites quantités de fer oligiste, de quarz cristallisé, etc., nous ne ferons plus de difficulté pour admettre que tous les phénomènes de dolomisation, de silification, de sulfatisation postérieure; que l'introduction du sel gemme entre les strates soulevés des terrains; que les remplissages des fentes et ouvertures, quelle que soit d'ailleurs leur forme, par des métaux divers, ne soient le résultat de grandes actions plutoniques. Leur début a été de briser l'écorce du globe à l'aide d'injections de matières fondues, suivies ou accompagnées de dégagemens de gaz et de vapeurs, et leur action s'est terminée par cette abondante éruption des sources minérales que nous retrouvons encore de toutes parts dans les régions

profondément disloquées. Tous ces phénomènes chimiques sont du même ordre ; c'est en les combinant que nous devons chercher la solution des problèmes nombreux que nous offrent les filons, qui tantôt présentent des traces évidentes de l'action du feu et tantôt de celle de l'eau, et c'est faute d'avoir eu égard à ces circonstances diverses, dont la cause primitive est cependant identique, que les géologues, malheureusement trop absolus dans leur manière de voir respective, se sont divisés si long-temps sur des questions bien simples à résoudre, s'ils eussent su faire les parts du feu et de l'eau, et se tenir d'ailleurs dans la réserve pour un petit nombre de problèmes douteux encore, mais que les progrès des sciences chimiques éclairciront bientôt (1).

C'est principalement à l'action des eaux minérales que M. Fournet attribue le remplissage des filons. Il suppose que des secousses successives ont pu, à des époques distinctes, élargir les fentes, et que des eaux, chargées de matières différentes, sont venues y abandonner leurs dépôts. On ne peut douter de ces changemens dans les eaux thermales, quand on fait attention à la nature de leurs dépôts, d'âge différent. On reconnaît bientôt, ainsi que nous l'avons déjà dit, que ces dépôts ont été successivement modifiés, et l'on doit supposer qu'à une époque antérieure à la nôtre, au lieu de calcaire et de silice, elles ont pu charrier des matières métalliques, que des réactions ou des phénomènes électriques ont forcées de se déposer lentement sur les parois des fentes qui leur servaient d'issue. Quand on voit de nos jours l'eau thermale former les minerais de

(1) Fournet, p. 221.

fer, enduire des corps de silice, abandonner, comme à Chaudesaigues, des masses de fer sulfuré qui se dispose en filon, tandis que les eaux n'en contiennent plus une trace à leur sortie, on est forcé d'admettre que la surface d'action chimique de la terre gagnant toujours en profondeur, est maintenant arrivée à un point qui ne permet plus la formation de ces mêmes matières.

Il serait impossible, en considérant les filons comme résultant d'injections de bas en haut, d'expliquer d'abord leur structure par zônes parallèles, et surtout de rendre raison de ces alternances, ou inégalités de puissance et de richesse, produites par certaines roches. Il faut nécessairement, dans ces circonstances, qui sont à la vérité exceptionnelles, supposer un liquide qui serait resté long-temps en contact avec les roches. M. Lyell admet que, dans ce cas, à la suite de nombreuses secousses de tremblemens de terre, les fentes primitivement formées se sont rapprochées, mais inégalement, c'est-à-dire que les roches les plus tendres se sont resserrées plus que les autres, et que le filon s'est trouvé de cette manière étranglé et dilaté tour à tour. M. Fournet donne une explication qui semble plus naturelle, en faisant remarquer que ce sont principalement les roches calcaires qui contiennent le plus de métaux, et il admet que la solution étant acide, elle a corrodé les roches solubles de manière à élargir les endroits où elles se trouvaient en contact avec elle, ou bien, la dissolution renfermant les métaux à l'état salin, laissait précipiter le minerai à mesure qu'elle se saturait de calcaire. Ce qui prouve encore cette action du liquide sur les calcaires, c'est que, dans quelques gîtes, on a trouvé de gros fragmens de carbonate de chaux, dont les angles émoussés et arrondis démontraient l'action d'un acide, d'une manière d'autant plus évidente, que

les parties schisteuses incluses étaient en relief sur la surface lisse des blocs. Peut-être aussi, comme le dit lui-même M. Fournet, ne doit-on voir dans ces inégalités de richesse autre chose que ces attractions de cristallisations produites par des forces électro-chimiques, vers la détermination desquelles les travaux de M. Becquerel nous mènent à grands pas.

On ne peut nier l'influence des actions électro-chimiques dans la formation des filons, depuis que M. Becquerel est parvenu à créer des pyrites, du chrômate de plomb, du phosphate de fer, etc. (1), et a laissé entrevoir la formation d'un grand nombre de substances. Les tuyaux qui amenaient les eaux de sources à Grenoble, ont donné un exemple bien curieux de l'effet des roches sur les dissolutions. Ces eaux, légèrement acidules, ferrugineuses et calcaires, avaient incrusté, après plusieurs siècles, les tuyaux de plomb d'un faible enduit calcaire, tandis qu'elles avaient déposé des espèces de tubercules très-solides et très-abondans sur les tuyaux de fonte. Si alternativement il y avait eu un pied de tuyau de plomb, un pied de tuyau de fonte, on aurait eu la représentation complète d'un filon, dont la puissance eût été surbordonnée aux actions électro-chimiques de ses parois. On remarque en Auvergne un effet analogue, en voyant les calcédoines, contenues dans les eaux de quelques sources, se déposer de préférence sur le pissasphalte que sur toute autre matière.

Il faut reconnaître cependant que les véritables injections ont, comme nous l'avons déjà dit, une grande influence sur les filons, mais c'est plutôt en ouvrant les

---

(1) Becquerel, *Traité de l'électricité et du magnétisme*, t. I, p. 542 et suiv.

voies aux dissolutions qu'en laissant échapper les minerais fondus. On trouve souvent les filons au point de contact du granite et des terrains de sédiment, comme M. de Beaumont l'a observé dans l'Oisans. Il semble, dit ce savant, que les matières métalliques soient venues souder les deux terrains. M. Necker, en considérant la question sous un point de vue plus général, a reconnu que le voisinage des roches non stratifiées était une condition essentielle de l'apparition des substances métallifères. Il en est surtout ainsi pour une sorte de porphyre, à laquelle on a donné l'épithète de *métallifère*, parce qu'il indique dans les deux continens le voisinage des métaux.

CHAPITRE TRENTIÈME.

ACTIONS DE CONTACT, DE SUBLIMATION ET DE DOLOMISATION.

Les différentes masses qui ont été injectées dans les divers terrains, les filons de toute nature remplis par des dépôts successifs, ont nécessairement donné naissance à un grand nombre de phénomènes chimiques. Il y a eu d'abord des actions de contact, c'est-à-dire, que les matières injectées ou déposées ont altéré les parois des fentes qu'elles ont remplies. Ensuite sont venus divers phénomènes produits par la sublimation des vapeurs qui se sont trouvées en contact avec des matériaux divers, et qui les ont plus ou moins altérés en les pénétrant ou en se solidifiant sur leur surface. Nous allons donc examiner quelques-unes de ces réactions.

Une des plus frappantes est l'altération que l'on a remarquée dans certains conglomérats, au point de contact d'une masse injectée qui a dû arriver incandescente et agir sur ses parois. M. Lyell en cite un exemple remarquable dans la Forfarshire, où les galets de quarz contenus dans le conglomérat ont été brisés, puis réunis, circonstances qui sont absolument celles que l'on s'attendrait à voir résulter de l'application subite d'une forte chaleur. La houille traversée par des basaltes se transforme en coke plus ou moins parfait.

C'est du reste à des actions de contact qu'il faut attribuer cette sorte d'altération que présentent les parois d'un grand nombre de filons; l'aspect saccharoïde de certains calcaires traversés par des roches ignées; la division prismatique de couches sédimenteuses qui touchent des roches d'épanchement, etc. Il serait impossible de décrire toutes les variétés de réaction, qui ont eu lieu de cette manière, au contact des roches ignées et des roches sédimenteuses, et par le séjour prolongé de dissolutions variées dans les fentes, qui plus tard ont été remplies de leurs dépôts.

Ce sont surtout les corps gazeux, et ceux qui sont susceptibles de le devenir par la chaleur, qui ont produit les effets les plus variés dans une foule de circonstances. De nos jours, nous observons à chaque instant ces singulières réactions dans les phénomènes des volcans. Ce sont principalement ceux qui s'éteignent, ou les solfatares, qui donnent naissance au plus grand nombre de minéraux sublimés. Il est naturel, en effet, que dans les points où la température est assez élevée, où l'air extérieur est pour ainsi dire en communication avec l'intérieur du globe, que des minéraux se déposent, que des réactions s'opèrent, et qu'un grand nombre d'espèces minérales en soient le résultat. Le *soufre* est une des matières les plus communes dans ces circonstances. A la *solfatare* de Pouzzole, il s'insinue dans la substance même des anciennes laves, qui en sont toutes pénétrées, et d'où l'on en retire une immense quantité. En Islande, non-seulement les anciens volcans, mais jusqu'aux plaines qui les environnent, sont riches en *soufre*.

Le soufre que Dolomieu a observé à l'Etna, ne se trouve que dans le cratère même, où il se présente sous forme pulvérulente, et quelquefois en petits cristaux

octaèdres : quand la chaleur du volcan le fait fondre, il coule en stalactites dont la forme est quelquefois singulière : on observe la même chose au Vésuve, où les stalactites ont des couleurs aussi variées que leur structure.

Spallanzani a vu aussi, dans une caverne du cratère de Volcano, des stalactites de *soufre*, qui sont immédiatement formées par les vapeurs sulfureuses qui s'attachent à la voûte de la caverne. Quelques-unes de ces stalactites avaient jusqu'à trois pieds de longueur sur deux pouces tout au plus de diamètre. Leur forme est cylindrique, et il paraît singulier qu'une matière sublimée, qui semblerait devoir former une incrustation uniforme sur les parois qu'elle recouvre, y ait pris une pereille configuration. Le *soufre* est quelquefois couleur de chair, mais ordinairement d'un beau jaune, et demi-transparent.

L'abondance du soufre dans les volcans presque éteints, et l'on peut dire sa rareté dans ceux qui sont en activité, tendraient à faire supposer que dans ces derniers il est brûlé par l'oxigène de l'air, à mesure qu'il se dégage, et qu'il donne naissance à des acides sulfureux et sulfurique assez abondans tous deux dans les éruptions.

L'acide sulfureux se perd dans l'atmosphère, mais souvent, comme le gaz hydrochlorique, il décolore les surfaces qu'il touche et les masses dans lesquelles il pénètre assez promptement. On trouve dans un assez grand nombre de volcans, des blocs de laves, des pouzzolanes, etc., passés à l'état terreux, et offrant une teinte jaunâtre qui se communique même aux cristaux qu'ils renferment. Des masses énormes de domite ne sont peut-être autre chose que des trachytes plus compactes, qui ont été ainsi décolorés par d'abondantes émissions

gazeuses et acides, qui ont changé leur nature en se chargeant de quelques-uns de leurs principes.

L'acide sulfurique qui se forme abondamment au volcan de Puracé, à Java, et qui sans doute a paru autrefois en quantité bien plus grande, ne peut, en raison de sa grande énergie, s'éloigner beaucoup de son point de naissance; il doit décomposer une foule de corps pour s'en approprier les bases; il doit surtout agir sur les matières calcaires et former des gypses. C'est peut-être à une action de cette nature qu'il faut rapporter l'origine des grandes masses de sulfate de chaux et certains dégagemens d'acide carbonique.

L'acide hydrochlorique doit agir de même en formant des muriates solubles que les eaux entraînent aussitôt, ou qui se développent sous forme d'efflorescences. On le trouve aussi emprisonné dans des roches poreuses, comme celles de Sarcouy, en Auvergne.

Dès que les acides sulfurique, hydrochlorique, carbonique, se dégagent en abondance des volcans, du moment où l'on sait que les roches volcaniques contiennent presque toutes de la soude, de la silice, de l'alumine, du fer et de la magnésie, on conçoit de suite les nombreuses combinaisons qui peuvent s'opérer, et quelle variété de sels doivent offrir les environs des volcans, comme toutes les contrées qui ont été autrefois soumises à ce genre d'action.

Les sulfures d'arsenic se rencontrent aussi dans les mêmes circonstances. Breislack indique leur présence à la solfatare.

Le sulfure de fer peut aussi se produire par sublimation, et a été trouvé, quoique rarement, au milieu des produits des volcans.

Le sulfate et le muriate d'ammoniaque cristallisent dans les fissures des laves, et des réactions analogues

s'opèrent pendant la combustion des houilles, car un grand nombre de cristaux d'ammoniaque muriatée tapissent les fissures du terrain qui recouvre les houilles embrasées de St-Etienne et de Commentry.

C'est encore par sublimation que se forment ces beaux groupes de fer oligiste que l'on rencontre dans les trachytes et dans les laves labradoriques. C'est par sublimation que l'acide borique sort des fissures des lagonis, et cependant ces matières ne sont pas volatiles. Il faut qu'elles soient entraînées par la vapeur d'eau ou par d'autres gaz, ou bien il faut qu'elles se forment de toutes pièces par des réactions électro-chimiques et par des actions de présence au contact de certains corps.

Quand on a bien comparé les produits sublimés des volcans et des solfatares, qui sont en très-grand nombre, avec ceux des filons métallifères, qui sont pour le moins aussi nombreux, on arrive à une conclusion qui appuie fortement la théorie de la formation des filons par voie aqueuse. C'est que l'on ne trouve presque jamais de minéraux solubles dans les filons métallifères, tandis qu'ils abondent autour des volcans où les eaux pluviales ne tardent pas de les entraîner. Il est probable que les filons en contiendraient aussi un grand nombre, s'ils n'avaient pas été eux-mêmes les conduits que des eaux thermales, chargées de différens principes, suivaient pour se répandre au dehors. Ces eaux ont nécessairement charrié, comme elles le font aujourd'hui, toutes les matières solubles, et même une partie de celles dont l'acide carbonique favorisait la dissolution, tandis que les matériaux insolubles, ou qui devenaient moins solubles à mesure que la température s'abaissait, et qu'ils s'approchaient de la surface, se sont déposés sur les parois, qu'ils ont fini par obstruer. On explique facilement de cette manière l'inégalité

de richesse des dépôts métallifères, à des hauteurs différentes, qui faisaient nécessairement varier la température et les circonstances plus ou moins favorables. Tel filon qui, à son affleurement offre un métal en abondance, peut changer de nature à une certaine profondeur, et offrir de grandes variétés, quoique toutes indépendantes de la nature de la roche. Qui sait si les eaux minérales que nous voyons de nos jours chargées de principes solubles, ne déposent pas encore à de grandes profondeurs des matières métalliques ou des minéraux cristallisés, analogues à ceux qui existent dans les filons ? Les forces agissantes actuelles sont les mêmes que celles d'autrefois, affaiblies sans doute, mais elles nous montrent en petit les effets qu'elles ont produits jadis sur de gigantesques proportions. Ces faits nous semblent confirmer pleinement la savante théorie de M. Fournet, qui attribue l'origine d'un grand nombre de filons à un passage des eaux thermales, et les ingénieuses recherches de M. Becquerel, qui considère les réactions électro-chimiques comme une cause lente mais continue de créations nouvelles et de perpétuels changemens.

L'action la plus curieuse des diverses sublimations des matières minérales, est le changement des calcaires en dolomie, ou, autrement dit, l'addition de magnésie dans le carbonate de chaux, par un procédé tout-à-fait analogue à celui de la cémentation. C'est au célèbre géologue de Buch que l'on doit cette ingénieuse théorie de la dolomisation, et les faits sur lesquels il l'a établie sont tellement positifs, les exemples sont tellement frappans et si multipliés, que l'on ne peut plus maintenant lui opposer le moindre doute. M. de Buch considère les dolomies (carbonate double de chaux et de magnésie) comme produites par des gaz qui se sont dégagés du

sein de la terre, au moment de la sortie des mélaphyres (porphyres noirs pyroxéniques) et de quelques autres roches, en profitant de toutes les fractures que le sol venait d'éprouver.

C'est dans les Alpes du Tyrol que M. de Buch a fait cette importante observation. Dans cette contrée, qu'il a si bien décrite, se trouvent d'énormes masses calcaires qui ont été soulevées par un large dôme de mélaphyre, roche qui, selon M. de Buch, a joué le plus grand rôle dans le soulèvement d'une grande partie de la chaîne des Alpes. Au-dessus du mélaphyre, existent des couches extrêmement puissantes de calcaire qui a été élevé à une grande hauteur et dont la masse a été très-profondément fracturée. Des cours d'eau ont agrandi quelques-unes de ces fissures primitives, et bien que d'un peu loin cette masse semble à peine divisée par quelques fentes, de près elle se compose d'énormes quartiers à pentes abruptes et escarpées, ayant souvent plus de mille pieds de hauteur, et séparés par de petits cours d'eau qui ravinent encore les gorges étroites qu'ils parcourent. Ce sont ces immenses fragmens de roches calcaires qui ont été pénétrés de magnésie; leur structure est changée, la stratification a disparu, les joints des couches n'existent plus ni les débris des corps marins qui s'y trouvaient contenus. Toute la masse a pris la texture grenue, a acquis une blancheur éblouissante, et ressemble à de vastes manteaux, à d'immenses enveloppes qui cachent les massifs de mélaphyres qui leur servent d'axe et de support. La recherche des causes qui ont opéré de si grands changemens a long-temps occupé le célèbre auteur de cette théorie dans ses courses nombreuses aux environs de la vallée de *Fassa*, lorsque tout-à-coup un point remarquable vint résoudre pour lui un des grands problèmes de la géologie, en ce qu'il

se rattache d'une manière très-directe à l'action qu'ont dû exercer sur les roches de sédiment, les diverses éruptions plutoniques.

« Je crois, dit-il, avoir découvert, aux environs de *Trento*, la marche de la nature dans cette opération, et cette marche m'a paru si évidente, qu'au moment de l'observation même, j'ai senti la satisfaction la plus vive que j'aie jamais éprouvée dans mes courses à travers les Alpes. Quand on se trouve à *Trento*, vis-à-vis de l'enfoncement dans lequel le *val Sugana* prend naissance, on est frappé de la forme extraordinaire de deux montagnes isolées qui s'y présentent, l'une derrière l'autre : la première, en cône arrondi et pointu, ressemble à un volcan ; elle porte à sa cime une petite chapelle d'où elle tire son nom de *Dosso di Santa Agatha;* la seconde, plus élevée, et d'une forme non moins élancée, se nomme la montagne de la *Celva*. A leur pied est placé, d'un côté, le village de *Pante*, de l'autre, celui d'*Oltre Castello*. En s'approchant du cône de *Santa Agatha*, on voit qu'une grande partie du penchant vers la ville ne forme qu'un éboulement d'une blancheur éclatante. Des ouvriers y sont ordinairement occupés à tamiser la masse dont la montagne se compose et à la séparer en sables de différentes grosseurs, opération qui doit paraître assez singulière sur le penchant d'une montagne calcaire à couches presque verticales. Veut-on examiner la nature de cette pierre calcaire ? jamais on n'y réussit ; les pièces se brisent constamment, selon la direction des fissures qui les traversent en tout sens ; de gros quartiers, réduits en petits morceaux de la grosseur d'une noix, ne font pas apercevoir la moindre apparence d'une cassure fraîche. On est réellement surpris jusqu'à quel point cette montagne est crevassée et fendillée, on l'est plus

encore en examinant la surface de ces fissures; partout on les voit couvertes de petits rhomboèdres qui tantôt présentent leurs faces, tantôt leurs bords et leurs angles. Quand les fissures sont plus visibles et plus larges, les rhomboèdres le deviennent aussi davantage; et si deux fissures de cette nature se croisent, on voit les rhomboèdres se combiner et former une petite masse de vraie dolomie, avec tous les caractères de cette substance, tels que les colosses de *Fassa* les présentent.

» On conçoit facilement qu'une montagne déchirée et fendillée, comme nous venons de l'indiquer, doit perdre toute apparence de couches; on conçoit que des milliers de routes sont ouvertes à la magnésie pour pouvoir s'introduire et se combiner avec la pierre calcaire; on conçoit même pourquoi ces rhomboèdres ne se touchant que sur peu de points, leur formation doit s'arrêter dès que la masse calcaire leur manque; et c'est ainsi que des couches compactes remplies de coquilles peuvent se changer en une masse uniforme, blanche, grenue et saccharoïde, sans vestige de corps organisés et sans séparation horizontale quelconque. Un reste de couleur rouge que l'on découvre sur plusieurs des morceaux, à *Santa Agatha*, fait présumer que la pierre qui a été transformée en dolomie est la même pierre calcaire rouge à ammonites, divisée en couches très-minces, qui forme la plus grande partie des penchans de la vallée de *Trento*. On s'en assure en tournant la montagne par *Pante*, vers *Oltre Castello*; on y voit ces couches en dalles immenses sans aucune altération, et formant le revers de la montagne de *Santa Agatha*. Ces couches se dirigent du nord-ouest au sud-est et traversent toute la montagne, de manière que je suis persuadé qu'avec un peu de peine on pourrait en trouver qui, à leur extrêmité nord-ouest, présenteraient tous

les caractères de la formation calcaire inférieure, tandis que l'extrêmité opposée serait dans cet état de décomposition qui précède vraisemblablement la formation de la dolomie. Cette observation se répète à peu près avec les mêmes circonstances sur la grande route de *Cevizzano* à *Trento*. En sortant du premier de ces endroits, les masses pyroxéniques, qui sont la cause d'un changement si extraordinaire, ne sont pas fort éloignées. On les voit au pied de la colline de *Santa Agatha*; elles traversent la gorge de la *Fessina*, et se retrouvent sur la grande route dans le village de Cognola même. Ce sont des boules noires à couches concentriques et à noyau solide telles quelles forment généralement l'extérieur de masses compactes, soit de porphyre pyroxénique, soit de basalte. Des roches analogues se retrouvent encore plusieurs fois dans les environs de *Mella* et *Gardolo*. La cime de la montagne de Gardolo et celle de *Saint-Marcello*, qui en forme la continuation et se prolonge en chaîne très-élevée jusqu'à *Vigolo*, sont composées d'une dolomie des plus saccharoïdes et des plus brillantes, parsemée de vides et de trous qui sont tapissés de petits rhomboèdres. Ces mêmes dolomies forment aussi l'immense montagne de la *Scanupia*, au-dessus de *Caliano*; puis elles descendent, et on les retrouve tout le long de la vallée de *Lagarina* jusqu'à la *Chiusa*. Plusieurs couches calcaires rouges, non transformées en dolomie, forment le haut; plus loin se rencontrent les oolithes et d'autres dépôts caractéristiques de la formation du Jura, formation dont se composent et le *Monte Baldo* et les montagnes des *Sette-Commune*. Les dolomies s'enfoncent vers la *Chiusa*, au-dessous de la surface de la vallée; les oolithes les suivent, et pour la première fois, on les retrouve dans le bas, dans la gorge même de la *Chiusa*. Les couches du côté gauche,

qui jusqu'alors s'étaient inclinées vers l'est, tournent peu à peu et affectent dans le défilé une inclinaison vers le sud; elles continuent ce mouvement vers *Rivoli*, où elles se trouvent avoir entièrement la direction et l'inclinaison de celles du *Monte Baldo*. Elles forment donc pour ainsi dire, de toute la vallée de la *Lagarina*, une espèce de chaudière allongée dont les dolomies composent la bande inférieure. C'est là que se terminent les montagnes, et vraisemblablement aussi les effets du porphyre pyroxénique. »

M. de Buch cite aussi la contrée de Lugano comme un point classique pour l'étude de ces phénomènes.

Là, comme dans le Tyrol, les dolomies touchent rarement à ces colonnes centrales qui, au moment de leur élévation, ont rejeté de côté les roches primitives; elles se lient donc aux mélaphyres, par suite du rôle essentiel que jouent ces derniers dans la constitution des massifs de roches non stratifiées, mais non, dans le plus grand nombre de cas, par un contact immédiat et visible. Au contraire, on peut dire que les dolomies se trouvent toujours dans le voisinage de la fracture qui a dû se former entre les roches primitives soulevées et les roches primitives de même nature restées à leur ancienne place.

« Les circonstances, dit M. Fournet, sont absolument les mêmes pour les filons métallifères. Les uns, en petit nombre, sont en contact immédiat avec les roches plutoniques; les autres se sont distribués dans leur voisinage (1).

Le calcaire compacte, en se transformant en dolomie, devient toujours grenu. On remarque ce chan-

(1) Fournet, p. 225.

gement partout, et principalement dans les éjections calcaires du Vésuve, qui sont constamment aussi de la dolomie grenue; leur seul aspect le prouve, et l'analyse chimique de MM. Smithson, Tennant et Léopold Gmelin, a confirmé ce qu'en indiquaient déjà les caractères extérieurs. Des phénomènes entièrement analogues se présentent dans les environs de Rome, sur les bords du lac d'Albano : le Peperino y est rempli de blocs de dolomie d'une blancheur éclatante, les calcaires du Vésuve sont crevassés et fendillés comme les dolomies de Fassa, et ce n'est que dans les fissures que l'on trouve superposés, couche par couche, d'abord des cristaux qui renferment de la magnésie et de la silice, enfin, comme les plus récens, des cristaux de silice hydratée (zéolithes). Un minéralogiste anglais, qui a résidé long-temps à Naples, M. William Thompson, a émis depuis long-temps l'opinion que ces dolomies du Vésuve sont le calcaire même des Apennins, rendu grenu par le feu volcanique, et rempli de cristaux par voie de sublimation; en effet, les dolomies du Vésuve ne peuvent avoir appartenu à des montagnes primitives, car elles n'offrent jamais dans leur masse une trace de talc ou de mica, deux substances qui ne manquent jamais dans la masse des dolomies du Brenner intercalées au schiste micacé. Or, d'après les analyses de Klaproth, le calcaire compacte des Apennins ne présente pas un atôme de magnésie, et cette terre, surajoutée dans l'intérieur du volcan au calcaire compacte, ne peut aussi être due qu'à une pénétration (1).

Des roches très-différentes peuvent produire la dolo-

---

(1) Extrait d'une lettre de M. L. de Buch à M. Alois de Pfaundler. *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXIII, p. 405.

misation, pourvu qu'elles contiennent de la magnésie; car il paraît que c'est aux dépens de celle qui est renfermée dans les pyroxènes des mélaphyres que la réaction s'opère. Les basaltes agissent de même, comme on le remarque sur plusieurs points de l'Auvergne.

M. Le Play a reconnu en Espagne, près de Badajoz, des calcaires très-récens, transformés en dolomies par des injections d'euphotide (1).

M. Dufresnoy a vu aussi dans les Pyrénées des terrains calcaires qui étaient altérés par la présence de l'*ophite;* les parties en contact avec cette roche sont à l'état de dolomie. Le gypse lui-même n'est peut-être que le résultat d'une altération du même genre. Enfin, dans cette même localité, l'ophite est souvent accompagnée de beaucoup de substances étrangères, telles que *fer oxidulé, fer oligiste, quarz cristallisé, épidote*, etc. (2).

Ces minéraux ont peut-être été produits par des procédés analogues à ceux de la dolomisation; car, en considérant ce phénomène en grand, c'est-à-dire en faisant abstraction de la nature des roches pénétrées, et de la composition des vapeurs pénétrantes, on arrive à reconnaître que les terrains de sédiment, à couches redressées, sont les seuls qui renferment un certain nombre de substances minérales analogues à celles que contiennent les roches cristallisées; ces minéraux se sont pour la plupart sublimés par les fractures. On peut aussi expliquer de la même manière cette sorte de *pénétration*

---

(1) Le Play, Observations sur l'Estramadure et le nord de l'Andalousie. *Annales des Mines*, 3e série, t. VI, p. 375.

(2) Dufresnoy, Relation des ophites, des gypses et des sources salées des Pyrénées. *Annales des Mines*, 3e série, t. II, p. 21.

qui change la nature des roches sédimenteuses à leur point de contact avec les roches d'épanchement, et qui établit ces nombreux passages quelquefois si bien fondus entre ces deux sortes de roches.

Il reste encore un grand nombre de points à éclaircir dans la vaste question de la dolomisation, et de bien belles études pour un chimiste géologue; c'est une question neuve, à laquelle M. Buch a su donner tout l'intérêt qu'inspirent ses vues profondes et la haute sagacité de son jugement. Cette question, liée à la théorie des soulèvemens, de M. de Beaumont; à celle de la chaleur centrale, par M. Cordier; aux recherches savantes sur l'électro-chimie, par M. Becquerel, ouvre au géologue une carrière nouvelle et neuve à parcourir.

CHAPITRE TRENTE-UNIÈME.

PHÉNOMÈNES DE REFROIDISSEMENT ET DE LIQUATION.

Nous venons de voir comment de nouveaux élémens pouvaient pénétrer par contact dans des roches préexistantes, et ces sortes d'actions sont certainement très-fréquentes dans la nature. La silice, la chaux, la magnésie et plusieurs autres substances entrent ainsi jusqu'à une grande profondeur, et modifient totalement l'aspect et la nature des roches. Nous allons terminer ce qui est relatif à ces différens phénomènes chimiques, en étudiant ce qui se passe pendant le refroidissement de ces matières.

Nous avons déjà supposé, en parlant du granite qui se décompose en boules très-volumineuses, que ce genre d'altération avait pour cause première un phénomène de refroidissement. Un expérience curieuse de M. Gregory Watt, sur la structure des basaltes, vient confirmer cette opinion. Après avoir fondu une masse de basaltes non cristallisés, pesant 700 livres, ce savant a observé avec soin les différentes phases de son refroidissement, et il a remarqué qu'une portion de la masse retirée, pendant que le basalte était en fusion, devint parfaitement vitreuse, tandis que la même matière donna naissance à un certain nombre de masses sphé-

roïdales présentant une texture radiée avec des fibres distinctes qui formaient aussi des couches concentriques, quand les circonstances n'étaient favorables qu'à cet arrangement. Cette structure disparaissait graduellement par une chaleur suffisamment continuée; les centres de la plupart des sphéroïdes devenaient compactes avant que leur diamètre ait atteint un demi-pouce, et cette structure s'étendait peu à peu à toute la masse du sphéroïde. En continuant, dit M. Watt, la chaleur favorable à cet arrangement des molécules, on obtint promptement une autre modification. La texture de la masse devint plus granulaire, la couleur plus grise et les points brillans plus grands et plus nombreux. Bientôt ces molécules s'arrangèrent en formes régulières, et finalement toute la masse devint parsemée de petites lames cristallines qui la traversaient dans toutes les directions et qui formaient des cristaux saillans dans les cavités.

M. Watt a remarqué aussi que deux sphéroïdes qui vinrent à se rencontrer ne se pénétraient pas, mais se comprimaient mutuellement, au point de s'aplatir, et se trouvaient séparés par un plan couleur de rouille.

Il était facile, comme on le prévoit, d'appliquer ces données à la structure des basaltes, qui tantôt sont en boules, qui d'autres fois sont en prismes composés de boules superposées et aplaties, qui enfin offrent souvent des articulations qui semblent provenir du développement inégal de deux boules, dont l'une, en grossissant plus vîte, aurait comprimé l'autre. Du reste, ces différentes structures du basalte ne s'aperçoivent souvent qu'à l'époque de leur décomposition, comme les masses de glaces qui ne révèlent leur mode de cristallisation qu'en commençant à fondre.

Il a dû se passer dans le refroidissement des autres

roches des phénomènes tout-à-fait analogues à ceux que nous présentent les basaltes.

Les cristaux que l'on rencontre dans la plupart des roches d'épanchement, ont nécessairement une origine ignée, comme les roches dans lesquelles ils se trouvent. A l'époque où l'on regardait les volcans comme des phénomènes locaux, on a discuté long-temps si les cristaux des laves étaient tout formés dans les roches que l'on supposait fondues pour les former, ou s'ils étaient créés de toutes pièces pendant leur refroidissement. D'après la manière dont on envisage aujourd'hui les phénomènes volcaniques, il faut nécessairement adopter la dernière de ces deux suppositions. Elle est du reste confirmée par de nombreuses expériences; car il est plusieurs minéraux que l'on est parvenu à obtenir cristallisés en réunissant leurs élémens, et les soumettant ensemble à une température élevée. M. Mitscherlich a produit entre autres de cette manière des pyroxènes très-bien déterminés; M. Kerston de Freiberg a observé des cristaux prismatiques de feldspath qui avaient été trouvés par M. Heine sur les parois d'un fourneau à fondre le cuivre dans l'usine de Sanderhausen. Tous les jours, dans les cavités des laitiers et des scories des différentes exploitations de mines, on découvre ainsi de nouveaux cristaux, qui ont tant d'analogie avec ceux qui se trouvent dans la nature, que l'on ne peut douter un instant de leur identité de composition et de leurs rapports d'origine. Il faut donc admettre que les cristaux que l'on rencontre dans les laves, et ceux qui abondent disséminés dans la pâte des roches primitives, ont été formés par une sorte d'*élection élémentaire* au milieu même des masses fondues qui les contiennent. C'est pendant le refroidissement des roches que leur cristallisation s'est opérée, et souvent même à une époque très-avancée

du refroidissement. Ce qui tend à le faire supposer, c'est que certains cristaux, les divers zéolithes, par exemple, sont décomposés à une température élevée et retiennent toujours une certaine quantité d'eau. Quelques géologues, parmi lesquels se trouve M. Fournet, regardent même l'apparition de ces cristaux comme postérieure au refroidissement des roches qui les renferment : il suppose qu'ils se sont formés par voie d'infiltration. Malgré l'autorité de M. Fournet en pareille matière, il est bien difficile d'admettre cette opinion. Il semble plus naturel de supposer, avec M. Brongniart, que la masse de la roche était imbibée de ces dissolutions avant son entier refroidissement, et que les cristaux se sont formés à une température qui était encore assez élevée dans l'intérieur des cavités.

D'autres faits viennent aussi appuyer la supposition que la plupart des cristaux se sont formés à une température élevée, c'est la présence de l'eau ou de gaz très-dilatés, formant des bulles dans des cristaux. H. Davy, Brewster et plusieurs autres physiciens célèbres se sont occupés de l'analyse des gaz et des liquides contenus dans toutes ces petites cavités, et en général ils ont remarqué une prompte absorption dès que la cavité était percée; ce qui prouve que l'air ou l'eau qui s'y trouvaient, avaient été enfermés à une température élevée. Il est vrai que des phénomènes inverses se sont aussi présentés quelquefois, mais plus rarement et en quelque sorte comme des exceptions qu'une haute pression peut encore expliquer (1).

---

(1) Voyez, pour plus de détails sur cet objet : Sur l'état où se trouvent l'eau et les matières aériformes dans les cavités de certains cristaux, par sir Humphry Davy (*Annales de Chimie*,

Les minéraux disséminés, les cristaux qui donnent aux roches la structure porphyroïde, et qui par conséquent y sont empâtés, doivent donc être considérés comme des formations contemporaines de ces mêmes roches et comme formés pendant leur refroidissement. Leurs élémens se sont séparés de la masse et ont formé un grand nombre de petits centres; comme les boules de fer sulfuré et les cristaux de gypse se sont séparés des matières argileuses dans lesquelles on les trouve aujourd'hui; comme les silex se sont isolés de la chaux carbonatée qui a formé la craie blanche.

Il n'en est pas de même des cristaux contenus dans les fentes ou fissures et non empâtés; ceux-là ont pu être formés par des dissolutions plus ou moins concentrées, par des sublimations, par des actions de contact ou par la dolomisation.

Il semble aussi que, dans certaines circonstances, des cristaux puissent se former dans des roches préexistantes, soumises à la fusion et au refroidissement. Les domites d'Auvergne m'ont toujours paru des roches de ce genre, une sorte de conglomérat amené à l'état pâteux par la chaleur des volcans modernes qui ont éclaté sous cette enveloppe trachytique, et qui, après avoir sublimé du fer oligiste dans les fractures, ont laissé former par le refroidissement des cristaux de feldspath, d'amphibole, de titane, etc., dans la masse ramollie du conglomérat (1).

M. Virlet croit aussi que dans l'île de Cimolis des

---

t. XXI, p. 132 et 220); Sur l'existence de deux nouveaux fluides dans les cavités des cristaux, par le docteur Brewster (*Annales de Chimie*, t. XXIII, p. 305).

(1) *Annales scientifiques de l'Auvergne*, 1828, février.

cristaux de feldspath vitreux se sont formés dans certains conglomérats ponceux, au moment où ils devenaient, par une sorte de fusion, des espèces de porphyres verts siliceux. M. Virlet entrevoit même la possibilité de la formation en place de porphyres et de trachytes, par suite d'actions chimiques et électro-chimiques dans des roches aggrégées, espèce de transmutation que M. Boué croit aussi seule capable d'expliquer certains bancs et amas cristallins, et certains passages au milieu du sol schisteux ancien.

Enfin, nous terminerons ce chapitre par quelques considérations sur la *liquation des roches*, phénomène que l'on a peu étudié et qui peut-être pourra éclairer quelques points de géologie chimique. Lorsque deux corps différens sont fondus et mélangés, on sait que s'il n'y a pas combinaison chimique, ces corps tendent à se séparer si leur pesanteur spécifique est différente. Ainsi, dans la fabrication de la plupart des alliages, si l'on n'agitait pas le mélange, le métal le plus lourd gagnerait le fond et le plus léger viendrait à la partie supérieure. Il n'y aurait pas séparation entière et tranchée, il y aurait toujours mélange, mais très-inégal, surtout au fond et à la partie supérieure du vase où se serait effectué le mélange. Des phénomènes analogues se passent dans les roches que nous voyons refroidir sous nos yeux. Les laves modernes nous en offrent des exemples très-positifs. Ces laves sont composées principalement de deux sortes de minéraux, le *feldspath* et le *pyroxène*. Si le premier domine, c'est une lave *feldspathique*; si c'est le second, la lave est *pyroxénique*. Or, il est très-rare de rencontrer un courant de lave dont toutes les parties soient homogènes; presque toujours il y a des différences de composition dans les différens points du courant, et l'on trouve

que le pyroxène abonde plus à l'extrêmité qu'à la naissance. Si l'on se rappelle le degré de fusibilité du pyroxène et du feldspath, on trouvera une différence notable. Le pyroxène est bien moins fusible que le feldspath et se refroidit plus lentement; en sorte qu'il se forme dans les courans, pendant qu'ils marchent, une sorte de *liquation* semblable à celle qui a lieu dans plusieurs opérations métallurgiques. Dans le même espace de temps, il se refroidit plus de feldspath que de pyroxène, et ce dernier se réunit aux extrêmités du courant.

Outre la plus grande fusibilité de cette substance minérale, il est une autre cause qui détermine sa séparation, c'est sa plus grande densité: le feldspath pèse 2,42 à 2,60, tandis que le pyroxène pèse jusqu'à 3,40. Les deux matières fondues et mélangées, se trouvant ensemble sur un plan incliné, le pyroxène se sépare et gagne peu à peu la partie inférieure. La longue fluidité des laves, à leur sortie des cratères, favorise beaucoup ces phénomènes. On peut, du reste, en voir un exemple bien marqué sur la grande coulée de lave de Pariou, en Auvergne (1).

M. J. Reynaud, dans son beau Mémoire sur l'Eifel, en cite aussi un exemple bien remarquable :

« ..... La lèvre de ce cratère est arrachée sur le » côté, et une coulée de lave qui s'en échappe descend » jusque dans la vallée et forme en tombant une cas- » cade si escarpée et si abrupte, qu'il est bien difficile » de se hasarder à la suivre. On éprouve un vif étonne- » ment lorsqu'en accompagnant la marche de cette cou- » lée, on la voit tout-à-coup prendre l'aspect noir et

(1) *Description du volcan de Pariou*, p. 78.

» compacte du basalte, et même dans sa partie inférieure affecter très-sensiblement la forme colonnaire des vrais basaltes (1). »

Il est bien probable que des actions analogues à celles que nous venons de décrire, et qui se passent de la manière la plus évidente pendant la marche et le refroidissement des courans de lave, ont eu lieu aussi pendant le refroidissement des autres roches d'épanchement. On expliquerait peut-être ainsi dans beaucoup de circonstances les différences notables que l'on remarque dans une même masse de roche, mais on n'a pas encore étudié les roches cristallisées sous ce point de vue, et il serait d'ailleurs très-difficile de reconnaître leur point d'origine et la limite de leurs cours, qui généralement a eu lieu sur des plans très-peu inclinés.

---

(2) Jean Reynaud, *sur les Formations volcaniques des bords du Rhin*, t. II, p. 387.

CHAPITRE TRENTE-DEUXIÈME.

DE L'AGE ET DE LA SUPERPOSITION DES TERRAINS.

Depuis le commencement de cet ouvrage nous nous occupons des causes; nous allons actuellement examiner les effets. Le nombre des faits est si grand dans l'étude de la géologie, qu'il est impossible de les recueillir tous dans un ouvrage élémentaire; ce sont donc des traits généraux que nous allons offrir en parlant des terrains; ce sont les traits saillans qui les caractérisent, et non la masse infinie de détails qui les différencie dans chaque localité, que nous voulons décrire. Nous avons cru qu'il était possible, jusqu'à un certain point, de présenter avec un peu de méthode les diverses modifications que les forces agissantes ont imprimées aux différentes masses dont se compose la terre, tandis qu'il était impossible de les décrire minutieusement. Ces considérations nous ont engagé à restreindre cette description des terrains; ils ne peuvent d'ailleurs être étudiés avec détails et d'une manière pratique que sur le sol même, et alors toutes les descriptions qui ont été faites dans les ouvrages élémentaires deviennent insuffisantes. Ce sont des descriptions locales qu'il faut lire sur les lieux, ou qu'il faut faire si elles n'existent pas.

Nous savons déjà qu'il existe deux sortes de roches, dont les unes stratifiées ont été formées par voie de

dépôt ou de sédiment chimique ou mécanique, et les autres par cristallisation ou fusion. Ces deux modes de création des roches vont servir de base à notre classification. Nous étudierons successivement les unes et les autres. Avant de commencer cet examen, nous devons chercher une ligne de niveau au-dessus et au-dessous de laquelle nous puissions nous élever et descendre, une sorte d'horizon qui nous serve de point de départ, comme le niveau de la mer est le zéro des hauteurs et des profondeurs.

La difficulté est de déterminer cet horizon. Deux forces tout-à-fait inverses agissent, comme nous l'avons vu, à la surface du globe, et ces forces ont agi depuis long-temps; ce sont elles qui ont donné naissance à toutes les roches, l'une par la fusion, l'autre par la dissolution aqueuse. Il nous semble naturel de prendre pour point de départ la première roche formée à la fois par ces deux puissances, celle qui a dû résulter de leur premier contact, roche qui correspond à l'époque où les eaux ont commencé à toucher la surface de la terre. Cette roche formera pour nous un terrain originaire ou primitif qui sera le zéro de notre échelle : au-dessus, tous les autres terrains appartiennent aux sédimens; au-dessous, tous sont d'origine ignée.

Si nous supposions que la terre, pendant son refroidissement, n'a éprouvé aucune secousse; si nous admettions une succession tranquille des différentes couches opérées par dépôt et par refroidissement; si, enfin, les phénomènes qui leur donnent naissance s'étaient étendus régulièrement sur tout le sphéroïde terrestre, il résulterait nécessairement de cet arrangement qu'au-dessous de la *couche originaire* de nouveaux terrains se seraient solidifiés dans un ordre constant, de sorte que les plus anciens seraient les plus rapprochés de la

surface, et les plus nouveaux les plus profondément placés. Au-dessus decette couche originaire, se seraient déposés tous les terrains de sédiment, et de telle manière que les plus anciens seraient aussi en contact avec cette première couche, et les plus nouveaux seraient situés tout-à-fait à la surface. Par cette disposition, deux ordres de dépôts se seraient groupés en sens différens au-dessus, et au-dessous, de l'horizon géologique, et devraient offrir d'autant plus de différence entre eux, qu'ils occuperaient une place plus rapprochée de l'époque actuelle dans l'échelle de chaque série.

Les rapports qui doivent nécessairement avoir existé au point de contact des deux ordres de création doivent avoir graduellement diminué à mesure que la couche qui les séparait est devenue plus épaisse, et à une certaine époque toute espèce d'action de l'une sur l'autre a dû cesser entièrement. Or, ces phénomènes sont précisément ceux qui, selon toute apparence, se sont passés dans les différentes phases du refroidissement de notre planète, avec cette différence que de violentes secousses ont dérangé la régularité des dépôts, des inégalités de niveau ont circonscrit l'étendue des sédimens, et des fractures opérées dans des temps plus ou moins rapprochés ont permis aux matières encore pâteuses qui se solidifiaient à l'intérieur de se faire jour au dehors, de s'épancher à la surface ou de se glisser entre les couches des différens sédimens. Il est résulté de toutes ces commotions d'immenses dérangemens dans la stratification des terrains, de grandes irrégularités dans l'épanchement des roches intérieures, de grandes actions de contact entre les roches incandescentes et celles qui s'étaient formées sous l'eau, enfin une foule de réactions que nous avons déjà étudiées précédem-

ment et qui vont trouver ici de fréquentes applications. En résumé, toute la classification des terrains offre trois grandes divisions :

1° Terrains originaires ou primitifs *qui ont été formés au point de contact des deux forces qui ont agi dans la formation de l'écorce de la terre;*

2° Terrains de sédiment *déposés par les eaux;*

3° Terrains d'épanchement ou de pénétration *dont l'origine est au-dessous des terrains originaires et qui, après avoir traversé ces derniers, se sont injectés de différentes manières dans toutes les roches existantes à l'époque de leur sortie, ou se sont épanchés à leur surface.*

Nous subdiviserons ensuite ces grandes divisions en plusieurs groupes qui diffèrent plus ou moins par divers caractères. Nous commencerons naturellement par décrire les terrains originaires; immédiatement après, nous étudierons les terrains de sédiment, en commençant par les plus anciens, qui se lient au sol primaire, et en remontant la série jusqu'à l'époque actuelle. Nous reprendrons ensuite les terrains d'épanchement ou de pénétration, en commençant par les plus anciens, c'est-à-dire les plus rapprochés de la couche originaire, et en remontant encore jusqu'à ceux qui se forment de nos jours.

DU TERRAIN ORIGINAIRE OU PRIMITIF.

Ce terrain est composé de deux roches principales, le *gneiss* et le *micaschiste*, qui, si elles ne sont pas les premières solidifiées à la surface du globe, offrent,

du moins les premières, des caractères qui indiquent l'action de l'eau et d'une chaleur très-intense. A ces deux espèces, il faut peut-être ajouter le *granite*, puis quelques autres roches qui, relativement à celles-ci, ne jouent plus qu'un rôle subordonné.

Le gneiss est principalement composé de feldspath et de mica, mais il renferme aussi du quarz.

Le micaschiste est du mica et du quarz, et contient souvent aussi du feldspath.

Le granite ordinaire est formé de feldspath, de quarz et de mica.

Le gneiss offre une sorte de stratification qu'il ne faut pas confondre avec celle des véritables terrains de sédiment. Ce sont des feuillets appliqués les uns sur les autres et dont les surfaces sont souvent indiquées par la situation à plat des lames de mica. Ces feuillets, dont l'épaisseur varie beaucoup, sont souvent contournés dans toutes les directions. Les proportions des principes constituans de cette roche sont très-variables, mais c'est généralement le feldspath qui domine. Le gneiss est caractérisé par la présence d'un certain nombre de minéraux, tels que des grenats, de petits lits de pyrite de fer, du quarz hyalin, du fer carbonaté, du cuivre gris, de l'argent natif, etc.

Le micaschiste offre une structure encore plus feuilletée que celle du gneiss, et renferme presque toujours du feldspath; ses feuillets sont aussi souvent très-contournés et renferment un grand nombre de minéraux disséminés, tels que le quarz blanc, la tourmaline, le disthène, la staurotide, le fer oligiste, le fer hydroxidé, etc.

Le granite est moins riche en minéraux disséminés; il n'offre jamais de structure schisteuse, comme les deux roches précédentes, mais il en diffère bien peu

par sa composition. Ces différentes roches passent de l'une à l'autre avec la plus grande facilité, au point que l'on pourrait, à la rigueur, les considérer comme des modifications d'une seule et même espèce. On les voit quelquefois alterner, au moins les deux premières, revenir ensuite, comme à des époques périodiques, reparaître au milieu des autres, se montrer quelquefois comme roches indépendantes et, dans d'autres circonstances, en lits subordonnés. Jamais il n'existe de limites tranchées entre une couche de gneiss et un lit de micaschiste; jamais le granite n'est séparé brusquement de ces deux roches sans qu'on voie sa pâte se charger successivement de mica, puis de quarz, et prendre peu à peu les caractères de la substance qui va le remplacer.

Telle est la première écorce du globe, la croûte qui s'est formée la première au contact de l'eau et de la surface incandescente de la terre.

Cette croûte, la première formée, a dû nécessairement être percée avec la plus grande facilité par un grand nombre de matières; de nombreuses fractures s'y sont montrées à toutes les époques, et lorsqu'après les dépôts de sédiment qui l'ont recouverte, la croûte de la terre a de nouveau été ébranlée, lorsque le soulèvement des chaînes de montagnes s'est opéré, la couche originaire a toujours été brisée; des sublimations ont eu lieu dans ses fentes, des eaux minérales les ont traversées, et il en est résulté, qu'à l'époque actuelle, les gneiss, les micaschistes et les diverses roches feuilletées qui leur sont subordonnées sont devenues les principaux gîtes des métaux et des autres substances minérales, du moins pour tout l'ancien continent.

L'apparition des gneiss et des micaschistes est une conséquence forcée de la chaleur centrale. Admettons

un instant l'incandescence du globe, et voyons comment le refroidissement va s'opérer. Une chaleur intense comme celle qui a dû exister à cette époque sur notre planète, forçait les eaux de rester dans l'atmosphère; toute la masse qui emplit maintenant le bassin des mers, toute celle qui est infiltrée et absorbée par la portion refroidie de la terre, faisait alors partie de l'atmosphère. Qu'on juge de l'énorme pression à laquelle la surface du globe était soumise, lorsqu'une atmosphère aussi étendue pesait tout entière sur la pellicule qui commençait à se figer! M. Reboul a cru pouvoir déterminer approximativement cette température par des rapprochemens très-ingénieux. Les roches originaires contiennent du fluate de chaux, mais elles ne renferment pas de carbonates qui peuvent être décomposés à une certaine température, insuffisante pour décomposer les fluates. M. Reboul conclut de cette observation que la température de 260°, qui aurait suffi pour prévenir la formation des carbonates et pour maintenir l'eau bouillante sous une pression de 50 atmosphères, était celle de cette époque (1); mais nous ignorons tout-à-fait si alors il existait déjà de l'acide carbonique dans l'atmosphère et quelles modifications une énorme pression pouvait apporter à ces résultats. Nous pouvons donc supposer que les eaux étaient extrêmement chaudes, et que l'oxidation commençait par les corps légers qui s'étaient rassemblés à la surface du bain. Ces corps étaient certainement le silicium, le potassium, le sodium, l'aluminium, qui, par leur prompte oxidation, produisirent d'énormes quantités de silice, de potasse, de soude et d'alumine. Les cu-

(1) Reboul, *de la Période primaire*, p. 206.

rieuses expériences de M. Berzélius ont démontré la solubilité de la silice au moment de sa formation et son insolubilité parfaite dès qu'elle a acquis un certain degré de cohésion. D'un autre côté, la potasse et la soude en dissolution dans les mêmes eaux devaient avoir une puissance dissolvante d'autant plus grande, qu'elles étaient sans doute à l'état caustique, ce qui ferait croire à l'absence de l'acide carbonique qu'elles peuvent absorber à une haute température, ou à la puissante action de l'acide silicique qui se formait alors en immense quantité. Le silicium était certainement le métal prédominant; car la silice qui, dans le feldspath comme dans la plupart des minéraux formés à cette époque, jouait le rôle d'acide et s'unissait en proportions définies avec toutes les bases qu'elle rencontrait, a encore laissé des dépôts intacts qui se sont solidifiés par la suite et ont formé ces quarz blancs hyalins ou opaques qui constituent des montagnes entières et quelquefois des couches ou murs très-puissans subordonnés aux gneiss et aux micaschistes. C'est à cette époque que le quarz se mélangeant au micaschiste, a produit cette roche quarzeuse ou *hyalomicte* renfermant de l'oxide d'étain, qui est aussi l'un des métaux les plus anciennement formés.

L'*itacolumite* du Brésil et différentes roches de quarz se formaient en même temps. M. Eschwege suppose même qu'une de ces roches de quarz est le gîte primitif du diamant. Le carbone existait alors dans les terrains primitifs, mais à l'état de pureté et solidifié sous des circonstances tellement circonscrites, que depuis cette époque elles ne se sont plus présentées. L'or se rencontre aussi dans ces mêmes roches, mais en petite quantité.

Outre le mica et le feldspath qui se sont produits en grande abondance, il s'est aussi formé quelques roches

à base d'amphibole, ainsi que des eurites; mais il est remarquable que toutes ces roches ont conservé une structure schisteuse qui caractérise cette grande enveloppe primaire qui a couvert le globe sur la majeure partie de son étendue, et peut-être sur sa surface entière.

C'est seulement vers la fin de la période primaire que l'on aperçoit quelques calcaires ou marbres blancs saccharoïdes ou lamellaires empâtés dans les gneiss ou alternant avec eux, mais n'offrant jamais l'apparence terreuse de ces nombreux calcaires de sédimens que nous verrons venir par la suite. Leur grain cristallin indique à la fois et la température élevée et la haute pression à laquelle ils étaient soumis. En même temps que ces calcaires, c'est-à-dire à la même époque, se trouvent quelques veines de gneiss coloré en noir par la présence du graphite ou carbure de fer. C'est, après le diamant que nous avons déjà signalé, la première apparition du charbon, possédant cette fois ses caractères ordinaires, ou du moins la teinte noire qu'il offre ensuite dans tous les autres dépôts.

Les granites contenus dans ces gneiss et ces micaschistes sont quelquefois très-étendus, mais nous ne savons pas encore si ce ne sont pas déjà des épanchemens qui se seraient fait jour à travers la couche mince du terrain originaire; les passages d'une roche à l'autre sont si fréquens et sont tellement insensibles, qu'il est impossible d'avoir une idée arrêtée sur cette question, et il serait peut-être plus rationnel de considérer tous les granites comme épanchés sur les gneiss et les micaschistes. Les terrains originaires ne renferment aucunes traces de corps organisés, et tout annonce en effet que la vie organique ne pouvait pas exister à la température sous laquelle ils se sont formés; ce n'est qu'à la fin

de cette longue période que les points émergés se sont couverts de végétaux, et que des animaux singuliers se sont développés dans les eaux chaudes répandues çà et là sur la terre.

Un des phénomènes les plus curieux de cette période, c'est le mouvement que devait éprouver la surface de la terre par l'attraction de la lune et du soleil, mouvement analogue à nos marées actuelles, qui devait s'exécuter sur une immense atmosphère et agir aussi sur la masse fondue du globe. Ce furent là les premiers soulèvemens de la terre, et quand déjà quelques couches minces étaient figées, elles étaient de nouveau brisées ou pliées par les grandes marées, qui, à des époques périodiques, venaient agiter ces premiers terrains. C'est sans doute à ces mouvemens réguliers, et si souvent répétés, avec quelque différence d'intensité, que sont dus ces lames de gneiss et de micaschistes, ces plissemens de la roche originaire, dont les feuillets minces et serrés, de nature et d'épaisseur variables, se suivent avec un parallélisme parfait, malgré toutes les ondulations auxquelles ils obéissent. Plusieurs couches, déjà formées et soulevées par des marées extraordinaires, ont dû retomber sur elles-mêmes, et produire en partie ces zig-zag si singuliers que l'on ne rencontre que dans ces roches, et qui supposent un grand état de mollesse et par suite une grande flexibilité.

Ces terrains ont du reste une grande épaisseur, autant qu'on peut en juger par la tranche des couches mises à découvert dans les soulèvemens postérieurs. Ces masses, ainsi soulevées et déchirées, se sont dégradées de nouveau, et présentent généralement des montagnes escarpées à crêtes aiguës et déchiquetées, qui se reconnaissent facilement de loin. Celles au contraire qui résultent des premiers soulèvemens de terrains ori-

ginaires, sont des montagnes arrondies à pentes peu prononcées, mais dont les surfaces se décomposent avec la plus grande facilité, et se détachent en fragmens nombreux. Ces terrains sont à découvert sur une grande partie du globe; ils forment de vastes plaines, de larges plateaux sur lesquels le gneiss et le micaschiste se montrent presque indistinctement. Il est cependant assez singulier que les circonstances qui tendaient à produire tantôt du felsdpath, tantôt du quarz, et par conséquent à créer des gneiss ou des micachistes, se soient reproduites à des époques différentes et presque périodiques; car on voit ces roches alterner ensemble et quelquefois même avec le granite, et quoiqu'on regarde généralement le gneiss comme une roche plus ancienne que le micaschiste, il est bien difficile de prouver cette assertion.

On voit que l'on pourrait au besoin distinguer dans les terrains primitifs plusieurs formations particulières, telles que *gneiss*, *micaschiste*, *gneiss* et *granite*, *gneiss* et *micaschiste*, etc.; mais il est douteux que ces formations soient réellement indépendantes, et ces terrains, malgré tout l'intérêt qu'ils présentent, ont été si peu étudiés, qu'il reste encore une foule de faits à observer avant de pouvoir y former des coupes naturelles et des divisions conformes à leur ordre de superposition.

CHAPITRE TRENTE-TROISIÈME.

DES TERRAINS DE SÉDIMENT.

Dès que les terrains originaires ont été consolidés, les eaux ont de plus en plus séjourné sur la terre. Le refroidissement s'opérant toujours, et une croûte de plus en plus épaisse séparant la partie incandescente de la surface, les vapeurs ont dû se condenser en plus grande quantité, et de vastes dépressions ont servi de bassins au liquide qui se formait continuellement. Aussitôt que les premiers soulèvemens ou simplement l'inégalité du refroidissement eurent produit des inégalités de surface, les eaux ruisselèrent, dégradant les points sur lesquels elles tombaient, et dès lors commencèrent les premiers sédimens. On conçoit facilement toute la puissance des eaux qui avec une température élevée agissaient sous une forte pression, s'évaporaient et se condensaient sans cesse et produisaient ainsi des actions chimiques très-prononcées. Ces causes réunies ont produit d'immenses dépôts dont l'âge est différent et qui se sont succédés à des époques plus ou moins éloignées.

Ces sédimens ont pu se placer les uns sur les autres, ou se déposer les uns à côté des autres, dans des bassins contigus et non superposés.

Dans le premier cas, on n'éprouve aucune difficulté à déterminer l'âge relatif des différentes assises, puisque les plus nouvelles sont nécessairement superposées aux

plus anciennes, mais il n'en pas de même des dépôts isolés. Il devient quelquefois très-difficile, ainsi que nous l'avons déjà dit en parlant de l'âge des roches, de reconnaître leur véritable situation ; il faut avoir égard aux couches sur lesquelles elles reposent, et à celles qui les recouvrent. Ainsi, un dépôt de sédiment qui sera placé entre deux autres dépôts, offrira par cela même une détermination d'époque, parce que l'âge des terrains supérieur et inférieur étant connu, on aura deux limites entre lesquelles se placera nécessairement celui qui est douteux; mais il arrive souvent que l'on n'a pas de tels moyens à sa disposition. D'abord le terrain douteux peut ne pas être recouvert ou bien il peut reposer sur un terrain très-ancien, sur le terrain primitif par exemple ; et s'il appartient aux assises moyennes ou supérieures des terrains de sédiment, ce sol inférieur ne servira pas non plus à préciser sa date, en sorte que dans ces différens cas, lorsqu'on ne peut pas s'aider des caractères de superposition, il faut alors étudier avec le plus grand soin les caractères des roches, ceux des minéraux qu'elles renferment, et des fossiles qui s'y trouvent ordinairement disséminés avec plus ou moins d'abondance.

Ces difficultés ne se présenteraient pas si la série des terrains ou des formations était toujours complète; si au-dessus des terrains originaires on rencontrait toujours toute la série des dépôts sédimenteux; mais il n'en est pas ainsi : on ne connaît même aucune localité où toutes les formations de sédiment soient réunies. Tantôt ce sont les plus anciennes qui manquent, d'autres fois celles-ci seules existent, et il y a absence totale des plus récentes; enfin, sur certains points, le sol originaire est à nu ou tout au plus recouvert par des roches d'épanchement.

L'étendue des dépôts qui se sont formés à des époques différentes va en diminuant à mesure que l'on approche des temps modernes. On conçoit en effet que les bassins dans lesquels ils se sont opérés ont dû devenir de plus en plus nombreux à mesure que des montagnes, en se soulevant, ont multiplié les arêtes qui les séparent. La surface de la terre s'étant ridée successivement, il en est résulté que les grandes dépressions ont souvent été partagées par des chaînes de montagnes qui plus tard ont été croisées par d'autres soulèvemens, en sorte que les roches déposées dans un de ces grands bassins primitifs ont été émergées, tandis que d'autres se sont déposées dans des cavités plus petites, puisqu'elles n'étaient plus que des divisions de celles qui étaient antérieures à ces derniers soulèvemens.

A mesure que les dépôts se localisaient, si l'on peut s'exprimer ainsi, leur niveau s'élevait aussi, parce que les sédimens les plus anciens ont d'abord comblé les parties les plus basses, et les plus récens ont souvent recouvert les autres. Ainsi, en faisant la part des soulèvemens qui ont nécessairement dérangé le niveau de toutes ces couches, on voit que les sédimens se sont d'abord déposés dans de vastes mers dont les limites se sont successivement resserrées, au point que les dépôts supérieurs aux premiers sont aussi bien plus modernes. Il résulte de cette disposition étagée des grandes formations, que la position relative des mers et des continens actuels ne s'est établie que successivement. Aussi les premières terres émergées après la consolidation du terrain primaire, étaient des îles très-basses, et qui étaient bien loin d'atteindre l'étendue des continens actuels. Des mers immenses les entouraient, et les dépôts commencèrent immédiatement dans leurs eaux.

Les sédimens et les soulèvemens tendaient à reculer ces eaux primitives dans des bassins plus profonds et moins étendus, où les dépôts se continuaient encore; enfin, des mers locales ou d'immenses bassins d'eau douce se sont aussi comblés de sédimens ou de calcaires formés par d'abondantes sources minérales, et ces dépôts se forment probablement encore de nos jours.

Au-dessus de ces différens sédimens on trouve d'autres terrains composés des débris de tous les sols préexistans, et qui au lieu d'être produits par de paisibles précipités dans des bassins, semblent plutôt formés par des eaux courantes qui les ont abandonnés pendant leur trajet. Ils paraissent plus modernes que tous les autres, et sont placés par-dessus, quoique cependant ils puissent encore reposer sur les terrains originaires, quand tous les terrains intermédiaires de la série viennent à manquer.

D'après ces caractères, nous diviserons l'ensemble des terrains auxquels on peut donner le nom de *neptuniens*, c'est-à-dire tous ceux qui sont formés au-dessus des terrains originaires, en deux grandes séries :

1° LES TERRAINS DE SÉDIMENT OU DE DÉPÔT ;

2° LES TERRAINS DE TRANSPORT OU D'ALLUVION.

Nous partagerons, avec M. Brongniart, les premiers en terrains de sédiment *inférieurs, moyens* et *supérieurs*, divisions plus naturelles et surtout plus intelligibles que toutes celles que l'on a proposées depuis cette époque. Nous séparerons les terrains de transport en *anciens* et *modernes*.

Nous aurons donc à étudier ces cinq grands dépôts :

De sédiment { inférieurs, moyens, supérieurs.

De transport { anciens, modernes.

Plusieurs de ces divisions sont aussi susceptibles de nouvelles coupes.

On voit que nous donnons au mot *terrain* une acception très-étendue, comme l'usage l'a consacrée; car on trouve dans la plupart des ouvrages de géologie les noms de terrains primitifs, de transition, secondaires et tertiaires, appliqués, comme nous venons de le faire, aux grandes divisions de la croûte de la terre. On nomme terrains *primaires* ou *primitifs* ceux auxquels nous avons conservé cette même dénomination, ou du moins un nom analogue; seulement, on y admet pour l'ordinaire plusieurs roches que nous considérons comme formées par épanchement, en sorte que cette série se trouve plus restreinte.

Sous le titre de *terrain de transition*, on a décrit une grande partie des terrains de sédiment inférieurs et quelques-unes des roches que nous regardons encore comme épanchées. Cette dénomination indiquerait un passage d'une série à une autre, passage qui existe en effet, mais que l'on retrouve entre tous les terrains. Ils passent presque tous les uns aux autres, et il n'y a aucune raison pour donner ce titre à ceux-ci plutôt qu'aux derniers.

Les *terrains secondaires* correspondent presqu'entièrement aux terrains de sédiment moyens, et ceux que

l'on désigne sous le nom de *tertiaires*, aux terrains de sédiment supérieurs. Ceux qui ont adopté cette méthode numérique de désigner les grandes divisions du sol, ajoutent encore les *dépôts quaternaires*, qui comprennent une partie des alluvions. Quant à nous, nous avons cru la géologie assez avancée pour donner aux terrains des noms qui rappellent leur origine, qui se comprennent très-facilement, sans qu'on ait besoin d'étudier leur étymologie, et qui par conséquent n'effraient ni les commençans ni les gens du monde.

Le mot terrain, appliqué ainsi très en grand, s'emploie aussi dans la pratique comme synonyme de *formation* et de *dépôt*. On devrait cependant ne pas confondre ainsi des choses très-différentes. Les terrains de sédiment sont composés d'un grand nombre de *formations distinctes*, c'est-à-dire de sédimens qui peuvent être différens par leur nature, mais qui se sont formés pendant la même période géologique, pendant que les mêmes forces agissaient et que les mêmes êtres vivans existaient.

Lorsque ces causes ont changé, une *nouvelle formation* a eu lieu, *indépendante de la première*, et elle s'est continuée pendant une nouvelle période géologique, dont la durée ne peut être limitée. De nouveaux accidens sont venus interrompre cette création, et une troisième formation a succédé aux deux précédentes.

Nous ne savons à quoi attribuer les causes qui ont ainsi rompu l'uniformité des terrains de sédiment; elles ont été brusques, selon toute apparence, car, sans cela, une seule formation se serait déposée au-dessus des terrains primaires, elle se serait continuée jusqu'à l'époque actuelle, et les dépôts qui se forment sous nos yeux ne seraient que la continuation de ceux qui se seraient opérés aux époques antérieures. Bien loin de là,

on remarque de si grandes différences dans les formations, on trouve des caractères si opposés dans divers sédimens, on les voit parsemés de débris organiques si distincts et appartenant d'une manière si positive à telle ou telle époque, que toute idée de continuité et d'uniformité de création dans toute la masse des terrains de sédiment devient inadmissible. Il faut adopter l'*indépendance de formation* et voir comment elle se détermine.

Tout ce que nous avons dit des forces agissantes doit nous éloigner de cette idée de *formation indépendante*, dénomination qui semble indiquer une séparation nette et tranchée, en avouant une origine tout-à-fait distincte. Nous allons voir jusqu'à quel point cette idée peut être vraie.

Les terrains de sédiment, déposés dans des bassins plus ou moins étendus, et *successivement*, doivent offrir deux caractères très-positifs, c'est leur *division en couches* ou *lits* d'épaisseur et d'étendue variable, et la *situation horizontale* ou *presque horizontale* de ces diverses assises. La *stratification* est donc le caractère le plus sûr pour distinguer deux formations.

Quand des couches sont parallèles, la stratification est appelée *concordante;* mais si des couches horizontales sont appliquées sur des couches inclinées ou contournées, la *discordance* dans leur position (*fig.* LV et LVI) indiquera une formation indépendante, parce qu'il y aura eu certainement interruption dans les phénomènes géologiques, ou du moins changement dans la période quand les couches horizontales auront été redressées par une force quelconque.

La position des formations indique aussi leur indépendance. Si, par exemple, un dépôt de couches calcaires et d'argile repose dans un lieu sur le terrain ori-

ginaire, dans un autre sur un terrain de sédiment inférieur, ailleurs sur un terrain de sédiment moyen, cette faculté de reposer indistinctement sur tous ces membres de la grande série des terrains indiquera que ce n'est pas un dépôt dépendant de ces mêmes terrains, puisque les différences de situation et la nature du sol qui le supporte n'ont pu altérer sa composition ; ce sera donc une formation indépendante produite par des causes différentes de celles qui ont donné naissance aux roches inférieures qui la supportent, mais par des causes semblables pour les différens dépôts appartenant à cette même formation.

Dans ce cas, il pourra y avoir passage d'une formation à l'autre par les roches qui se toucheront et que l'on verra préluder par petites couches subordonnées, jusqu'à ce qu'enfin elles forment la masse principale du dépôt.

Il est encore un autre caractère de superposition qui indique l'indépendance, c'est lorsqu'il manque un ou plusieurs termes d'une série au-dessous ou au-dessus du dépôt que l'on étudie. Ainsi, un terrain de sédiment moyen qui reposera immédiatement sur le terrain primaire sans intermédiaire, ou qui sera recouvert par un terrain d'alluvion, sans intercalation de sédimens supérieurs, sera évidemment aussi un dépôt indépendant, quoique très-probablement il n'y ait pas transition brusque d'une roche à une autre, mais passage plus ou moins nuancé.

Quelques autres moyens sont encore à la disposition des géologues pour reconnaître que des dépôts se sont formés pendant la même période géologique ou à des époques séparées par de grands accidens de dislocation. Ces moyens sont l'*examen de la composition* et la *comparaison des fossiles*.

Les caractères de composition se tirent de la nature des roches, de leurs caractères minéralogiques, des couches subordonnées, des minéraux accessoires ou accidentels. En comparant ces caractères à ceux d'une formation bien déterminée, on reconnaît l'analogie ou l'identité, et l'on possède de fortes notions pour décider la question.

La comparaison des fossiles peut aussi beaucoup aider dans cette détermination, car la plupart des dépôts possèdent un certain nombre de ces débris organiques qui les caractérisent plus ou moins, et quoique rarement la présence d'une ou deux espèces suffise pour bien déterminer les relations de gisement avec d'autres dépôts, on arrive presque toujours à une détermination certaine en comparant l'ensemble des fossiles et en s'assurant de leur identité.

Si les caractères tirés de la composition et ceux de la comparaison des fossiles conduisent aux mêmes résultats, on peut être presqu'assuré d'avoir atteint la vérité.

On voit par ces considérations, ce que l'on peut entendre par *formation*. Ce sont en quelque sorte les *unités* ou les *espèces géologiques* que l'on groupe en différens terrains. Si nous les connaissions toutes, et si nous pouvions les classer exactement d'une manière chronologique, en y intercalant les formations d'épanchement dont l'apparition correspond en partie au dépôt des diverses formations de sédiment, on aurait recueilli les documens les plus essentiels pour l'histoire physique de la terre. D'un autre côté, les travaux de M. de Buch, ceux de M. de Beaumont, de M. Boué et de plusieurs autres géologues ont presque indiqué les causes de ces périodes géologiques, ou plutôt ils ont signalé les accidens qui les ont séparés, en recherchant l'âge

des soulèvemens et en précisant l'époque de la naissance des différentes chaînes de montagnes, époques qui correspondent aux points de séparation des périodes de sédimens. Lorsque ces deux genres de travaux, la recherche des formations indépendantes et celle des causes qui les ont rendues telles, auront atteint tout le développement qu'ils peuvent acquérir par les nombreuses recherches des géologues, alors la science de la terre sera arrivée à son apogée et permettra de connaître une partie des grandes lois qui ont présidé à sa création.

Le nom de *dépôt*, employé aussi comme synonyme de terrain et de formation, doit en être tout-à-fait distingué. Un *dépôt* n'est pas une *formation*, mais un *sédiment local* qui fait partie de telle ou telle formation. Les dépôts sont aux formations ce que les *individus* sont à l'*espèce*. Ainsi le dépôt de houille de Saint-Etienne, celui de Liége, et tous les autres dépôts de charbon de terre, font partie de la *formation houillère*, qui appartient elle-même à une certaine époque des terrains de sédiment.

Il se présente maintenant une question très-importante, c'est celle de l'âge des dépôts.

Tous ceux qui constituent une même formation sont-ils contemporains et ont-ils été formés à une même époque? ou bien les circonstances nécessaires à leur formation se sont-elles présentées de l'équateur aux pôles ou en sens inverse? Les animaux et les végétaux qui vivaient à l'époque de la création d'un de ces dépôts existaient-ils en même temps sur toute la terre, sous toutes les zônes, et leurs débris ont-ils été enfouis à la même époque dans les deux continens et sous toutes les latitudes?

On remarque en général une différence d'autant plus

grande dans les divers dépôts d'une même formation ; que cette formation appartient à des terrains plus modernes ; aussi les dépôts de houille présentent à peu près les mêmes caractères. Au-dessous des houilles, les grès rouges, les schistes argileux sont peut-être encore moins différens et se rapprochent par leur uniformité des terrains primaires auxquels ils sont superposés. Ces terrains étaient encore soumis à la chaleur centrale qui pouvait les modifier ; mais leur création était indépendante de la chaleur solaire ou de la température extérieure. C'est seulement à l'époque des houilles que cette influence extérieure a commencé de se manifester. Au-dessus, pendant le dépôt des terrains de sédimens moyens, et plus tard à l'époque des sédimens supérieurs, les caractères particuliers de chaque dépôt ont successivement offert de plus grandes différences, et l'on peut présumer que leur création n'a pas été simultanée sur toute la terre, et que les divers bassins remplis par ces roches ne l'ont pas été à la même époque. Ce qui tendrait à le prouver, c'est leur distribution géographique. Les couches de sédiment qui forment les deux étages supérieurs manquent aux deux extrêmités de la terre, et l'étage moyen s'étend encore au-dessous du supérieur et avance un peu plus vers les régions polaires ; en sorte que les terrains originaires ou les terrains d'épanchement, quelquefois recouverts par les grandes alluvions des terrains de transport, sont les seuls que l'on rencontre en se dirigeant vers les pôles, et souvent bien en deçà des limites des cercles polaires. Les îles découvertes dans les hautes latitudes de l'hémisphère austral manquent de ces sédimens, et il en est de même des contrées polaires boréales qui ont été visitées par les géologues.

Les forces extérieures auraient donc acquis graduel-

lement une certaine puissance, et auraient modifié de grands phénomènes qui, à une époque antérieure, étaient tout-à-fait indépendans de ces forces qui n'ont pris du développement que par l'affaiblissement des autres.

CHAPITRE TRENTE-QUATRIÈME.

DES TERRAINS DE SÉDIMENT INFÉRIEURS.

La fin de la période primaire, pendant laquelle les premières roches ont été créées, se lie avec le commencement des dépôts de sédiment. Il semble même que ces roches pouvaient, dans certaines circonstances, cristalliser encore, puisqu'on les voit alterner avec les premières couches sédimenteuses. Le passage est tout-à-fait insensible; les eaux, très-étendues à cette époque, amenaient dans les dépressions tous les fragmens qu'elles arrachaient au sol préexistant, et y déposaient ainsi des roches formées chimiquement par leur grande puissance dissolvante. Les matières qui composent ces terrains sont donc des roches de sédiment et des roches semblables à celles de l'époque primaire, qui alternent quelquefois avec celles de cette période.

La stratification n'est pas régulière; quoiqu'elle paraisse quelquefois concordante avec celle des terrains originaires, elle est presque toujours bouleversée et contournée; ce qui est très-facile à concevoir, puisque ces couches formant la base de tous les terrains sédimenteux, ont nécessairement participé à toutes les dislocations qui ont atteint celles qui leur sont supérieures.

De nombreuses substances métalliques sont disséminées dans ces groupes de terrains; elles y sont généralement en filons, comme dans les terrains primaires.

Les matières charbonneuses y sont très-rares dans leur partie inférieure, tandis qu'elles se sont développées d'une manière extraordinaire à la fin de cette période qui correspond à la formation des houilles.

Enfin, les corps organisés commencent à se montrer dès la partie inférieure de ces terrains, mais avec des caractères tout-à-fait différens de ceux que nous présentent les espèces actuellement vivantes, et à la fin de cette période les végétaux se développent en abondance et laissent d'innombrables débris dans les lieux de leur enfouissement.

Tous ces terrains paraissent avoir été formés sous l'influence de la chaleur centrale, sous une forte pression, dans une atmosphère extrêmement humide et par l'action d'eaux chaudes et chargées de substances terreuses mécaniquement suspendues.

Nous partagerons les terrains de sédiment inférieurs en trois groupes ou étages qui constituent nécessairement un plus grand nombre de formations indépendantes, mais qu'il semble plus convenable d'étudier groupés qu'isolément.

GROUPE INFÉRIEUR OU SCHISTEUX.

A la fin de la période primaire, les roches qui se déposaient étaient de véritables sédimens qu'une forte chaleur et une grande pression rendaient très-compactes et quelquefois même cristallins. Cependant les violentes agitations de la croûte du globe avaient cessé, et quelques animaux vivant dans les eaux, quelques plantes se développant sur leurs bords, commençaient à offrir leurs formes bizarres et leurs singuliers contrastes. Les grands dépôts de gneiss et de micaschistes n'avaient plus lieu; mais de temps en temps les circonstances fa-

rables à leur création se présentaient encore et quelques couches subordonnées apparaissaient çà et là au milieu des dépôts d'un âge plus moderne. Les roches qui se formaient contenaient une certaine quantité de talc et de mica; c'étaient des *stéaschistes* ou des *amphibolites schisteuses*, ou enfin des *schistes argileux* à pâte plus ou moins fine. A la partie supérieure, se montrent quelques marbres cipolin ou saccharoïde, qui semblent former la partie supérieure de ce dépôt, comme la première apparition de ce calcaire indique la dernière limite des terrains originaires.

Toutes ces roches ont une puissance variable; mais ce sont surtout les schistes argileux ou phyllades qui ont acquis le plus grand développement et qui forment la base de ce groupe. On les voit passer, par nuances insensibles, aux micaschistes qui leur sont inférieurs, et quelquefois, à des hauteurs diverses, dans ce groupe, on voit les schistes redevenir micacés et former des lits subordonnés dans les phyllades; d'autres fois ce sont les roches talqueuses qui remplacent les micacées.

En général, toutes ces roches sont remarquables par leur structure schisteuse, qui paraît du reste inhérente à toutes les couches qui contiennent du talc ou du mica. C'est dans ce groupe que l'on rencontre les schistes ardoisiers qui se divisent avec tant de facilité.

Des masses de quarz ou de petites couches de même minéral sont souvent subordonnées aux schistes, et l'on y trouve aussi, à la partie supérieure, des lits de psammite ou grauwacke, véritable roche d'agrégation, et qui paraît la première dans la série des sédimens.

Toutes ces couches ont été fréquemment dérangées par l'injection de diverses roches d'épanchement qui les ont en partie fondues et modifiées dans quelques

endroits, au point qu'elles ont pris un aspect étranger et qu'elles semblent se lier par quelques passages aux roches d'injection qui les ont pénétrées. Leur stratification a presque toujours été dérangée par de nombreux soulèvemens; car c'est à l'époque de leur dépôt qu'il faut rapporter les premières rides qui ont sillonné les continens ou qui ont contribué à leur élévation.

Les premiers débris organiques que l'on ait rencontrés étaient contenus dans les schistes argileux et les psammites; ce sont, parmi les mollusques, des *orthocératites*, des *spirifer*; parmi les crustacées, quelques *calymènes*, *ogygia* et *paradoxides*. Il paraît que la végétation commença en même temps que le développement des animaux, car déjà on voit dans ces terrains quelques débris appartenant au règne végétal. Ce sont le *sphenopteris dissecta*, le *cyclopteris flabellata* et le *pecopteris aspera*.

Les matières charbonneuses sont encore très-rares dans ce groupe; on y trouve à peine un peu d'anthracite et quelques schistes carburés passant au graphite.

Les métaux y sont encore assez abondans; on y trouve du cuivre, du plomb, de l'or, de l'argent, différens minerais de fer. Les fentes du terrain primaire s'y sont prolongées, et des filons ou des amas se sont formés au milieu des roches talqueuses et micacées.

Le groupe schisteux manque rarement entièrement dans une contrée, mais souvent il n'est représenté que par des couches peu puissantes de stéaschistes, d'amphibolites schisteuses, ou même de micaschistes, tandis que dans d'autres contrées il acquiert une très-grande épaisseur, comme on peut s'en convaincre dans les Ardennes, au Hartz, dans l'Eifel et dans une grande partie de l'Allemagne. L'Angleterre offre aussi de nombreux exemples de ce groupe qui renferme plusieurs for-

mations indépendantes, mais dont la stratification est généralement concordante. MM. Sedgwich et Murchison, qui les ont beaucoup étudiées, les ont désignées sous les noms de systèmes *cambrien* et *silurien*. Une partie des roches de ce dernier système appartient au groupe suivant.

GROUPE MOYEN, ARENACÉ ET CALCAIRE.

Les formations précédentes se sont déposées immédiatement sur le terrain primaire, dont elles pouvaient être considérées comme la suite, ou comme la transition des roches de cette époque à celles que nous allons étudier. A peine si quelques conglomérats ou quelques couches arénacées avaient paru; les calcaires ne s'étaient encore présentés qu'en petite quantité, relativement aux autres matières; enfin, la vie organique s'était montrée, mais sans développement, sans étendue. Il semble qu'elle luttait encore contre les désordres de la surface, et qu'elle ne parvenait à les vaincre que sur des points très-circonscrits.

Les dépôts sédimenteux vont prendre ici une grande extension; les calcaires vont paraître en puissantes assises; les mers attiédies vont nourrir de nombreux animaux, et de grands végétaux, au feuillage étranger, vont orner les rivages et ombrager les nouveaux continens.

Ce groupe, qui atteint une très-grande épaisseur, est principalement composé de deux sortes de roches. Les grès ou psammites, plus généralement connus sous le nom de grauwacke, et les calcaires noirs et bitumineux qui paraissent terminer la série.

Ici, comme dans tous les grands dépôts complets, on voit d'abord les grès ou les matières arénacées for-

mer les parties inférieures, et les calcaires se déposer au-dessus. Les premiers sont un dépôt mécanique, les seconds un sédiment auquel une action chimique a certainement concouru.

Les dépôts arénacés ou la grauwacke sont principalement composés de grains de quarz et parfois de feldspath, de paillettes de mica et d'un ciment argileux et quelquefois ferrifère, qui lie la pâte. Les grains sont plus ou moins volumineux, le mica plus ou moins abondant, et les assises, tantôt compactes et quelquefois feuilletées, varient aussi beaucoup en étendue et en épaisseur.

La couleur de cette grande formation arénacée est le gris ou le brun, mais on voit aussi la roche prendre une teinte rougeâtre, quelquefois très-intense, qui lui a fait donner le nom particulier de *grès rouge* ou *vieux grès rouge*, pour le distinguer d'un dépôt analogue qui s'est reproduit à une époque plus moderne. Quelques savans, et notamment les géologues anglais, ont considéré ce vieux grès rouge comme un dépôt distinct de la grauwacke, séparation que les apparences confirment dans certaines localités, mais que l'on ne peut admettre dans le plus grand nombre. Ce sont donc les parties supérieures de la grauwacke qui ont été colorées par l'oxide de fer et qui inférieurement se lient à la roche ordinaire, dans la plupart des localités, tandis que dans d'autres, des différences de stratification indiqueraient une formation indépendante de la grauwacke. Il y a aussi quelque différence de composition entre ces deux grès. L'étage supérieur ou grès rouge est ordinairement plus quarzeux et contient quelquefois des bancs de poudingue ou de conglomérats de nature variée. Quelques couches de calcaire sont subordonnées à ces grès,

puis cette première roche se développe et forme des assises qui atteignent jusqu'à 250 mètres d'épaisseur.

Ce calcaire est gris-bleuâtre ou noirâtre, offrant souvent des lamelles cristallines de carbonate de chaux blanc. Il a une odeur de bitume très-prononcée, et renferme assez souvent, surtout en Angleterre, des veines ou des amas de plomb sulfuré, du zinc et du fer oligiste. Sa partie supérieure offre quelquefois de nouvelles assises de grès, et l'anthracite que l'on commence à rencontrer dans la grauwacke se développe dans la partie supérieure du calcaire, en offrant déjà les phénomènes de la formation des houilles, à laquelle elle semble préluder. Ce groupe renferme les débris d'un grand nombre d'êtres organisés; mais ils sont bien plus abondans dans les calcaires que dans les roches arénacées.

On peut citer parmi les zoophites, des *cyatophillum*, des *calamopora*, des *astrea*, des *scyphia*, l'*amplexus coralloïdes*, etc.; parmi les radiaires, les genres *pentacrinites*, *actinocrinites*, *rhodocrinites*, *sphæronites*, mais ce sont surtout les diverses espèces d'*encrines* qui caractérisent ce terrain; dans les annelides, divers *serpula*; dans les conchifères, des *spirifer*, de nombreuses et singulières *térébratules*, des *producta*, des *cardium*, de nombreux mollusques, dans lesquels on voit figurer des *melania*, des *trochus*, *turbo*, *evomphalus*, *bellorophon*, *buccinium*, *patella*, beaucoup d'*ortoceratites*, des *nautiles*, et même quelques *ammonites* qui commencent à paraître à cette époque. Les crustacées sont aussi abondamment répandus; les *calymènes*, qui avaient déjà paru dans le groupe précédent avec des *ogygia*, se retrouvent ici avec des *asaphus*, *ampyx*, *olenus*, *isotelus*, *paradoxides*, etc. On y a rencontré aussi quelques dents ou défenses de *poissons*.

Les plantes offrent aussi de nombreuses espèces. Quelques *algues* ou *fucus* ont laissé leur empreinte. Les *calamites radiatus* et *voltzii* y représentent les *équisétacées*; des *lepidodendron* marquent la place des *lycopodium*, et les *fougères* offrent les genres des *sigillaria*, *pécoptère*, *cycloptère sphénoptère*, dont quelques-uns avaient déjà essayé de paraître dans la période précédente.

La présence de ces débris indique des formations marines dans lesquelles des restes de corps organisés terrestres ont été entraînés. Il est bien évident que les roches arénacées et calcaires se sont formées au milieu des eaux. Nous ignorons si les mers au fond desquelles ces matières se sont déposées étaient profondes et agitées, ou calmes et superficielles. Nous ne savons pas si déjà elles étaient traversées par des courans et si les graviers qui ont été agglutinés pour former les grauwackes ont été amenés de très-loin ou arrachés sur les lieux mêmes. Il semble cependant que le dépôt s'est opéré tranquillement, et que la réunion de ces innombrables fragmens est due à des pluies abondantes qui dégradaient les roches primaires qui n'étaient pas recouvertes et qui charriaient les débris dans de vastes bassins, où ils étaient nivelés par les oscillations des vagues. Quelques couches de fragmens plus gros, intercalés au milieu des autres, feraient soupçonner l'action d'eaux courantes animées d'une certaine vîtesse, tandis que dans d'autres lieux, d'abondantes lamelles de mica, posées à plat sur une surface horizontale, sont des indices presque certains d'un dépôt lentement formé au milieu d'une eau paisible.

Nous ne connaissons pas non plus l'origine de ces grandes couches de calcaires qui, pour la première fois, se montrent avec une telle abondance; car, jusque-là,

cette matière était réduite à des amas très-circonscrits, ou à quelques couches subordonnées. Elle apparaît tout-à-coup avec une puissance de 250 mètres, et elle s'étend sur de très-grands espaces ; car une partie du continent en a été couvert, et l'Angleterre nous l'offre aussi sur une grande partie de son territoire. Nous ne pensons pas qu'on puisse le considérer comme formé par les êtres organiques, quoique cependant quelques-uns, du genre des coraux qui s'occupent maintenant de construire les terrains madréporiques sous la zône torride, existassent déjà lors du dépôt de ces calcaires. La seule opinion qui puisse expliquer les faits d'une manière plausible, est celle qui consiste à regarder les calcaires comme produits par des sources minérales dont l'émission était en rapport avec l'intensité des phénomènes géologiques de cette époque. Deux causes doivent faire admettre cette supposition : le développement des êtres organisés et le dépôt des houilles.

A toutes les époques géologiques, le développement des animaux et des végétaux a coïncidé avec le dépôt des matières calcaires, ou pour parler plus exactement, avec l'émission des eaux qui les ont déposées. La matière calcaire a pu favoriser la formation du test des mollusques, des tiges des coraux; les matières salines ont activé, comme elles le font aujourd'hui, l'accroissement des végétaux ; ou peut-être même, de la matière organique, sortant avec l'eau des sources, comme il s'en échappe encore aujourd'hui, a-t-elle favorisé l'assimilation et donné aux forces vitales un nouveau degré d'énergie.

D'un autre côté, nous savons que le carbonate de chaux, qui arrive avec les eaux minérales, sort de terre à l'état de bicarbonate et perd bientôt une grande partie de son acide pour se déposer à l'état de carbo-

nate terreux. Dès-lors, une énorme quantité d'acide carbonique s'est répandue dans l'atmosphère. Nous pourrions la calculer, si nous connaissions le poids de la masse calcaire déposée à cette époque. Il est bien probable que des dégagemens de gaz analogues à ceux qui ont lieu de nos jours, mais bien plus intenses, ont accompagné aussi l'émission des matières calcaires, et l'atmosphère s'est trouvée saturée, pour ainsi dire, de ce gaz, qui a bientôt déterminé une végétation des plus actives, celle dont les débris ont formé les houilles, en conduisant de nouveau dans le sein de la terre le carbone qui s'en était échappé. Avant la création de ces calcaires, notre atmosphère ne contenait peut-être aucune partie d'acide carbonique; car s'il eût existé, la potasse et la soude qui ont été formées dès le commencement de la création des terrains primaires, l'eusssent certainement absorbée, et les carbonates qui manquent dans cette série de terrains ou qui y sont à peine représentés, se seraient montrés dès le principe, si le carbone eût été répandu dans la couche de matière gazeuse qui enveloppait la terre. Dans cette hypothèse, le dépôt des houilles serait une conséquence nécessaire de celui des calcaires qui les ont précédées; mais il nous suffit de constater, pour le moment, ce grand changement chimique dans la composition de l'atmosphère; nous verrons ensuite comment on peut expliquer la formation houillère et l'excessive végétation de ces temps reculés.

Les calcaires de ce groupe sont remarquables par leur couleur qui paraît due à la présence du bitume, ou du moins d'une matière organique, puisque cette roche, souvent exploitée comme marbre et fréquemment employée comme pierre à chaux, se décolore complètement par la chaleur. Faut-il attribuer cette ma-

tière organique à l'eau qui, encore aujourd'hui, amène du bitume des profondeurs de la terre, ou faut-il considérer cette odeur fétide comme produite par la décomposition des animaux nombreux qui habitaient alors les eaux tièdes de la mer? M. de Labèche penche pour cette dernière explication. Il suppose que, dans le commencement de la vie organique, les animaux ont dû être excessivement multipliés, mais appartenir à la classe des zoophytes, animaux mous et privés de test, puisque le calcaire manquait à cette époque. Ils se sont décomposés sans laisser la moindre trace d'existence. Quel que soit le degré de vérité de cette manière de voir, qui est parfaitement fondée, il ne reste pas moins comme un fait très-remarquable, le mélange singulier des êtres organisés qui se développèrent alors et parurent pour la première fois lors des sédimens de la grauwacke et du calcaire carbonifère. C'est à cette époque seulement que commence bien évidemment la vie organique; car auparavant de simples essais avaient lieu sur la terre et de petites créations préludaient à cette prise de possession qui eut lieu définitivement à l'apparition des premiers calcaires.

Beaucoup de genres qui existaient alors ont maintenant disparu, mais plusieurs ont traversé tous les dépôts, toutes les périodes géologiques, et vivent encore aujourd'hui dans les mers. Tels sont principalement les *astrées* et les *caryophyllies* qui, depuis ces premiers calcaires, n'ont pas cessé de construire des îles ou de les entourer de rescifs : telles sont les térébratules qui commencent à cette époque, mais n'acquièrent leur période de plus grand développement que dans un étage plus élevé. Les *producta*, les *spirifer*, les *orthocératites*, quoique ayant continué de se montrer un peu au-dessus des groupes qui nous occupent, ont cependant at-

teint ici le développement complet de l'espèce, et quelques individus du dernier de ces genres ont acquis plus d'un mètre de longueur.

Tout le groupe des *trilobites* s'est éteint avec cette série de formations; mais les crustacées ont pris sur quelques points un tel développement, que des roches en sont presque entièrement composées. Ils fourmillaient dans les eaux chaudes de certains rivages, mais n'ont pas survécu à la période précédente, pendant laquelle le calcaire s'est formé. Les poissons ont aussi commencé avec ces singuliers animaux et ont laissé leurs premières dépouilles dans la grauwacke.

La présence de l'acide carbonique a aussi donné le signal de la végétation. Les espèces que nous avions vu paraître dans la période précédente se sont conservées et ont acquis un certain développement, d'autres s'y sont associées. Les *équisétacées*, les *fougères* et les *lycopodiacées* ont formé des forêts étendues, et ont immédiatement commencé le dépôt des houilles. Aussi, c'est à la partie supérieure du calcaire que se sont formés les premiers dépôts charbonneux qui renferment peu de bitume, et dont le charbon, désigné sous le nom d'*anthracite*, est exploité sur quelques points de l'Angleterre et de la France.

GROUPE SUPERIEUR CARBONIFÈRE.

Déjà la houille commençait à se montrer à la partie supérieure du groupe précédent; mais c'est dans celui-ci seulement que ce dépôt de matières charbonneuses a acquis toute son extension. Les géologues ne sont pas d'accord sur l'étendue qu'il convient d'accorder à ce groupe. Quelques-uns le considèrent comme une dépendance du grès rouge qui se trouve au-dessus et

que nous étudierons un peu plus loin; d'autres le réunissent aux calcaires que nous avons décrits dans les pages précédentes. Cette dernière réunion serait plus naturelle que l'autre; mais comme la formation houillère a une grande importance géologique, nous l'étudierons seule comme un de ces points de repère qui servent d'horizon, et qu'il faut bien connaître avant de s'en éloigner.

La formation houillère est composée de couches de grès, de houille et d'argile schisteuse, ainsi que de fer carbonaté, qui se présente le plus souvent sous forme de rognons disséminés ou posés à plat les uns à côté des autres.

La houille ou charbon de terre, qui est la roche principale sans être la plus puissante, offre un grand nombre de variétés de texture et de composition. Elle est plus ou moins compacte, plus ou moins bitumineuse, et présente au microscope un grand nombre de petites cellules fermées, qui contiennent une matière résineuse très-volatile. M. Hutton a remarqué que dans la houille collante les cavités à l'huile résineuse sont allongées et petites; dans la houille schisteuse il y a deux espèces de cellulosités, savoir : des cavités allongées et d'autres circulaires, tandis que dans le cannel-coal où il y a peu d'indices de cristallisation, les premières cavités n'existent que rarement, et il y a une division fibreuse. M. Hutton trouve dans ces données les indications des réticulations et des cellulosités du tissu végétal, et il est ainsi amené à supposer que les diverses houilles ont été produites par des végétaux différens.

Le grès houiller est souvent formé par des fragmens de quarz, quelquefois de feldspath et de mica, dont le volume varie beaucoup. C'est surtout dans la partie inférieure du terrain que l'on rencontre ce grès, et l'on

y voit quelquefois des veines remplies par de l'argile blanche.

L'argile schisteuse semble formée des mêmes élémens que le grès, mais réduite en particules très-fines. Elle est noirâtre ou brunâtre, et se divise très-facilement, même par le seul contact de l'air; elle est quelquefois imprégnée de bitume et passe à la houille, ou bien le mica y domine et elle passe au grès; c'est dans ces argiles schisteuses que se trouvent de nombreuses empreintes de végétaux.

La houille est généralement placée entre deux couches de cette argile, et ses assises sont quelquefois si nombreuses qu'elles se reproduisent jusqu'à soixante fois, mais toujours séparées par l'argile schisteuse et le grès houiller. Leur épaisseur varie beaucoup aussi, depuis 8 à 15 pouces jusqu'à 20 pieds et au-delà.

L'argile bitumineuse, qui enveloppe la houille, contient le fer carbonaté lithoïde, qui forme une série continue d'amas de rognons, de veines, que le grès houiller renferme même quelquefois. Ce fer carbonaté passe facilement à l'état d'hydrate et existe souvent en quantité exploitable.

On rencontre aussi dans le terrain houiller des roches qui ont été injectées pendant sa formation, et qui ont contribué à disloquer ses couches. Ce sont principalement des porphyres ou des roches trappéennes, quelquefois même des basaltes. Enfin, le calcaire reparaît aussi par petites couches à la partie supérieure, mais il se développe peu.

La stratification de ce groupe est très-prononcée. On y reconnaît nettement la stratification périodique, c'est-à-dire que l'on observe toujours le même ordre dans la disposition des couches. Les assises de houille sont toujours parallèles aux couches pierreuses qui les

accompagnent et ne les coupent jamais. Elles sont tantôt presque horizontales, tantôt fortement inclinées à l'horizon, mais le plus souvent elles sont disposées en fond de bateau, c'est-à-dire qu'elles se relèvent également de chaque côté. D'autres fois, comme on peut l'observer dans les houillères de Mons et de Valenciennes, les couches se replient sur elles-mêmes en zig-zag, et forment en descendant une suite de crochets qui conservent une sorte de régularité. Les deux lisières schisteuses suivent les mêmes inflexions, en sorte que les trois couches ne cessent pas d'être parallèles entre elles.

Les fossiles du terrain houiller sont très-variés et appartiennent principalement aux végétaux. Ce sont des empreintes bien conservées de leurs feuilles et de leurs tiges, quelquefois ce sont les tiges elles-mêmes que l'on retrouve dans le grès ou dans les schistes, et que l'on peut suivre sur une grande longueur.

Voici le tableau générique et numérique des végétaux recueillis dans les houillères, et qui ont été soigneusement décrits par M. Adolphe Brongniart :

CRYPTOGAMES VASCULAIRES.	ÉQUISÉTACÉES	*Equisetum*	2 espèces.	14
		Calamites	12	
	FOUGÈRES	*Sphenopteris*	21	130
		Cyclopteris	2	
		Nevropteris	11	
		Glossopteris	1	
		Pecopteris	46	
		Lonchopteris	2	
		Odonpteris	5	
		Schizopteris	1	
		Sigillaria	41	
	MARSILEACÉES	*Sphenophillum*	7	7
	LYCOPODIACÉES	*Lycopodites*	10	68
		Selaginites	2	
		Lepidodendron	34	
		Lepidophillum	5	
		Lepidostrobus	4	
		Cardiocarpon	5	
		Stigmaria	8	
PHANÉROGAMES MONOCOTYLÉDONES.	PALMIERS	*Flabellaria*	1	3
		Nœggerathia	1	
		Zeugophyllites	1	
	CANNÉES	*Cannophyllites*	1	1
	FAMILLES INCERTAINES	*Sternbergia*	3	14
		Poacites	3	
		Trigonocarpum	5	
		Musocarpum	3	
Plantes dont la classe est incertaine, mais qui paraissent se rapprocher davantage des deux classes ci-dessus que des autres.		*Phyllotheca*	1	21
		Annularia	7	
		Asterrophyllites	10	
		Volkmannia	3	
		Total		258

On a trouvé aussi dans les houillères plusieurs débris d'animaux appartenant à des espèces marines et à des espèces d'eaux douces. Tels sont les genres *unio*, *mytilus*, *ammonites*, *orthocera*, *terebratula*, *pecten*, *lingula* et quelques restes de *poissons*.

Ce n'est cependant qu'en petit nombre et très-rarement que l'on rencontre des fossiles étrangers au règne végétal; ce sont les végétaux qui caractérisent la formation des houilles, et l'on peut même affirmer que la houille elle-même est le produit de leur décomposition et de leur enfouissement.

La vie végétale a pris, à l'époque dont nous nous occupons, un développement vraiment extraordinaire, et qui ne s'est pas représenté depuis lors. En effet, toutes les circonstances étaient alors réunies pour activer la végétation.

L'acide carbonique, si nécessaire à la nutrition des plantes, venait de se répandre en abondance dans l'atmosphère, et comme l'a indiqué M. Ad. Brongniart, dans un travail très-remarquable sur ce sujet, il dut être absorbé par les feuilles nombreuses des grandes monocotylédones qui vivaient alors sur la terre. La vapeur, si nécessaire aussi à un prompt développement, se formait sans cesse à la surface des eaux tiédies par la haute température que produisaient nécessairement les injections de porphyre et des différentes roches d'épanchement, qui perçaient alors la croûte déjà épaissie de notre planète. Nous ne pouvons nous faire une idée de l'activité que devaient imprimer à la végétation toutes ces circonstances réunies, jointes encore à l'humidité qui devait régner sur le sol où ces plantes implantaient leurs racines. Ce qui le prouve, c'est la grande élévation qu'atteignaient ces *lycopodiacées*, ces gigantesques *equisetum*, et tous ces grands monocoty-

édons qui formaient alors d'impénétrables forêts. En omparant cette végétation à celle qui existe mainte-ıant sur le globe, nous ne trouvons plus d'analogie ue dans les contrées les plus chaudes; car nos petits quisetum, nos fougères herbacées et nos lycopodiacées ampantes ne peuvent pas être placés sur la même ligne que leurs analogues de l'époque houillère. Ce n'est donc que dans les îles situées sous les tropiques, que nous etrouvons quelques plantes que leur organisation spé-ciale et leur haute stature rapprochent singulièrement de celles qui paraissent avoir couvert à cette époque la majeure partie des terres émergées. Mais ce ne serait pas un motif de croire que ces forêts primitives cou-vraient des îles ou se développaient sur des archipels, nous devons présumer au contraire qu'elles croissaient déjà sur des continens étendus; car il a fallu une masse prodigieuse de végétaux pour former les couches puis-santes de houille que nous trouvons enfouies sur une grande partie de la terre.

Nous ignorons de quelle manière le dépôt s'est opéré, et quelles sont les circonstances qui l'ont accompagné. L'expalmation des feuilles, et l'extrême régularité des empreintes que l'on trouve dans les schistes, nous prou-vent de la manière la plus évidente que les végétaux ont flotté, et que leurs feuilles, d'abord étalées à la sur-face, se sont déposées avec les argiles boueuses que la compression a transformées en schistes bitumineux. La disposition presque toujours curviligne des couches, an-nonce que les matières sédimenteuses étaient épaisses, et que les eaux étaient tranquilles; car, sans ces circons-tances, les couches eussent été formées horizontalement et n'auraient pas indiqué, comme elles le font, par des ondulations variées, la forme extérieure du terrain sur lequel elles se sont déposées. Il faut donc admettre que

le dépôt des grès, des schistes et de la houille a eu lieu simultanément dans des golfes, de grands lacs, ou dans une série de bassins contigus et souvent alignés. Les matériaux n'ont pu être charriés de loin, car les découpures si délicates des feuilles de fougère eussent certainement été détruites, malgré la facilité avec laquelle elles peuvent flotter sur un cours d'eau peu rapide. On ne peut non plus supposer que de grands amas de végétaux aient été enfouis sur la place où ils ont vécu; car, dans ce cas, on trouverait ces végétaux entiers et ensablés verticalement comme ceux des forêts sous-marines. Il existe, il est vrai, plusieurs faisceaux de tiges trouvées dans cette position et munies de leur racine. M. Al. Brongniart énumère un grand nombre d'exemples de ces troncs enfouis verticalement (1); mais il n'en est pas moins vrai que ces positions sont exceptionnelles. Aucun de ces troncs n'était muni de ses branches ou de son faisceau terminal, tous étaient coupés à une certaine distance au-dessus de la racine. Tous les jours on rencontre des arbres placés dans une semblable situation à l'embouchure des grands fleuves d'Amérique; ils y restent des années entières et finissent par s'ensabler. Ces arbres cependant sont descendus de très-loin et n'ont pas vécu sur place. La même chose a eu lieu pour les tiges verticales des grès houillers. Quelques plantes arrachées avec la terre qui tenait à leurs racines, auront pris la position verticale et auront flotté sur les cours d'eau jusqu'aux bassins où venaient se réunir les matériaux des houilles.

Quand on considère attentivement cette singulière formation, on est bientôt convaincu que toutes ses par-

---

(1) *Annales des Mines*, 1821, 3e livraison.

ties se sont formées assez tranquillement comme tous les terrains de sédiment, bien différens en cela des terrains de transport, et cependant ce serait à un terrain de transport qu'il faudrait rapporter les houilles, si l'on supposait que les plantes dont elles proviennent ont été ensevelies sur les lieux mêmes où elles ont vécu, tandis qu'elles sont dues à une action de transport unie à un dépôt de sédiment.

Les végétaux et les matériaux des roches qui ont donné naissance à la formation houillère, ont été transportés par des cours d'eau étendus jusqu'au point où le dépôt s'opérait. Rarement quelques courans plus rapides ont charrié de plus gros fragmens, qui se sont déposés en couches caillouteuses et en forme de poudingue.

Les sédimens ont eu lieu comme à l'ordinaire; les parties pesantes les premières, les argiles ensuite, puis les matières végétales, qui ont ainsi formé les trois couches de *grès*, de *schiste* et de *charbon*.

C'est la pesanteur spécifique qui a déterminé cet arrangement et non l'ordre de transport. Après le dépôt de ce système de trois couches constituant une seule et même formation, les eaux, plus tranquilles, n'ont plus amené que des feuilles et quelques tiges qui flottaient sans altération, et arrivaient avec des matières terreuses, qui se déposaient avec elles au-dessus des houilles qui n'étaient pas encore recouvertes. C'est à cette période de tranquillité qu'il faut rapporter la création des schistes à empreintes qui forment le toit de la houille, et dans lesquels on rencontre aussi les longues tiges articulées de ces grands cryptogames vasculaires. Les eaux n'avaient pas alors assez de vîtesse pour charrier des grès, mais bientôt après les mêmes phénomènes se reproduisaient; les cours d'eau débordés arrachaient des troupes énormes de végétaux, érodaient les terrains

originaires et les sédimens qui les recouvraient sur plusieurs points, et charriaient tous ces débris qui se déposaient encore selon l'ordre de leur densité. Une période tranquille permettait à de nouveaux schistes de recouvrir encore ce dépôt et d'y conserver de nouvelles empreintes. Quant à la transformation des matières végétales en houille, on conçoit que les masses, d'abord très-épaisses, se sont successivement affaissées; on comprend que, fortement comprimé, l'hydrogène carboné qui résulte de la décomposition des matières végétales sous l'eau, n'ait pu se dégager et soit resté comprimé dans un grand nombre de cavités dont il s'échappe en sifflant quand les parois trop minces ne peuvent plus résister à sa pression; on comprend que l'affaissement de ces matières ait pu donner lieu à plusieurs petites dislocations provenant du glissement de quelques couches supérieures quand les inférieures s'abaissaient. Le fer, si abondamment répandu à la partie supérieure de la grauwacke, dans le vieux grès rouge, se retrouve ici en masses plus ou moins volumineuses qui se groupent et se déposent avec les argiles, au lieu de se disséminer dans toute la masse.

La houille est essentiellement une formation terrestre dont les matériaux ont été charriés dans l'eau douce ou dans l'eau salée, et dans laquelle s'expliquerait tout naturellement, par voie de transport, la présence de quelques corps marins et de quelques coquilles d'eau douce.

La périodicité extrêmement remarquable que l'on observe dans la stratification des houilles et la multiplicité des assises dans quelques bassins, nous indiquent une cause également périodique dans le transport des matériaux qui ont formé ce groupe. Cette cause, nous ne pouvons la trouver que dans la succession de deux

saisons opposées, une saison d'hiver et une saison d'été, pendant laquelle des pluies abondantes auraient produit des crues périodiques comme celles qui caractérisent encore aujourd'hui les fleuves de la zône torride. Quelque répugnance qu'aient à adopter cette opinion, les géologues qui accordent à la terre une existence qui date de quelques milliers de siècles, il n'en est pas moins vrai que la plupart des phénomènes de stratification ne peuvent être expliqués qu'en faisant intervenir les saisons d'été et d'hiver, ou, ce qui est plus exact, de *pluie* et de *sécheresse*. Des circonstances locales ont pu modifier ces saisons, et peut-être même prolonger certains dépôts d'une saison à un autre homonyme sans qu'il yait eu d'interruption sensible; mais, dans la plupart des cas, une seule année a pu suffire pour transporter les matériaux d'un dépôt complet des trois couches, et des schistes à empreintes dont la création a eu lieu pendant l'intervalle de tranquillité, séparent le dépôt formé, du suivant qui viendra bientôt le recouvrir.

A une époque où les actions de transport étaient assez actives pour créer des masses de 5 à 600 mètres d'épaisseur, il faut leur supposer un développement si prodigieux, que nos petites forces actuelles ne peuvent leur être comparées que pour le mode d'action, mais non pour le résultat.

La périodicité dans les sédimens, que l'on ne peut guère expliquer d'une autre manière, nous amène à une conclusion à laquelle M. Ad. Brongniart était déjà arrivé par un autre moyen, c'est qu'à l'époque des houilles la température du globe était au moins celle de la zône torride; l'épaisseur des dépôts nous indique, comme lui ont prouvé la nature des végétaux, que cette chaleur était même beaucoup plus élevée. C'était probable-

ment le point le plus favorable à la végétation et le degré auquel l'absorption et la décomposition de l'acide carbonique étaient le plus actifs. Il faut encore ajouter à la chaleur solaire l'action de la chaleur centrale, mais trop affaiblie déjà pour masquer les saisons.

Autant qu'on peut en juger par la position géographique des houilles, la terre jouissait alors d'une température uniforme, et des plantes presque semblables existaient à la fois dans toutes les parties du monde. Les empreintes recueillies en Amérique ont offert, à quelques exceptions près, des végétaux semblables à ceux de l'Europe; des échantillons recueillis au Groenland, au delà du cercle polaire, ont offert aussi des espèces identiques; en sorte que, sous toutes les zônes de l'hémisphère boréal, les houilles doivent leur origine aux mêmes espèces, ou du moins à des plantes de même genre et d'espèces analogues. On a peu de données sur cette même formation dans l'hémisphère austal; on a cependant recueilli à la Nouvelle-Hollande des exemples qui indiquent des espèces et même des genres différens, mais pourtant analogues.

Il est, du reste, très-possible que des découvertes ultérieures fassent connaître les mêmes végétaux sur des parties du globe si éloignées. Cette identité, ou au moins cette analogie de végétation pourrait faire supposer que l'ancien et le nouveau continent, ainsi que l'Australie, existaient lors du dépôt des houilles, mais rien ne prouve cependant la contemporanéité de la végétation houillère dans des contrées si éloignées.

La formation houillère seule atteint quelquefois 500 mètres de puissance, et des espaces très-étendus en sont couverts. On la trouve dans plusieurs départemens de la France; l'Angleterre et la Belgique lui doivent une partie de leur richesse; on la retrouve dans toutes

les parties de l'Allemagne, en Sibérie, au Groenland, à la Chine, au Japon, en Amérique et dans l'Océanie.

C'est en Angleterre qu'elle a acquis son plus grand développement; on y compte 5,000 lieues carrées de terrain exploitable pour le combustible qu'il contient, et l'on peut évaluer à 6,400,000,000 de tonnes la quantité de combustible qui s'y trouve enfouie. Dans le pays de Galles, où l'on extrait 3,000,000 tonnes de houille par an, on en pourra retirer la même quantité pendant 1500 ans (1).

L'Angleterre et la Belgique paraissent être les deux côtés d'un même bassin maritime, dans lequel se sont déposés des terrains houillers extrêmement abondans; les couches qui les supportent et quelques assises intercalées contiennent de part et d'autre quelques fossiles marins et présentent en outre les mêmes circonstances géologiques.

Il n'en est pas de même des houilles du centre de la France; elles paraissent avoir été formées dans des bassins lacustres, et beaucoup moins étendus, dans lesquels on ne trouve pas de débris marins, mais où l'on rencontre les mêmes espèces végétales.

On n'est pas bien certain que toutes les houilles se soient déposées dans des bassins; on pense que quelques-unes se sont formées à la manière des deltas à l'embouchure des grands fleuves, et non comme les deltas des lacs. Quel que soit leur mode de formation, elles ont été depuis lors fortement disloquées par des affaissemens ou des glissemens qui ont donné naissance à des failles et à des brouillages; par tous les soulè-

---

(1) Élie de Beaumont, Notes recueillies à son cours. *Écho du Monde Savant*, p. 44, 3e année.

mens postérieurs à leur dépôt et par de nombreuses injections de roches porphyriques. Aussi trouve-t-on des houilles à de grandes hauteurs et dans des lieux très-profonds. Leblond en cite dans les Cordillères du Pérou, près de Santa-Fé-de-Bogota, à la hauteur de 2,200 toises; M. de Humboldt cite les mêmes couches à 1,360 toises; mais on en indique dans les Cordillères de Huarocheri à 2,300 toises; on en exploite dans les mines de Flandre à 300 toises au-dessous du sol, qui, dans ces plaines, n'est pas élevé de 50 toises au-dessus du niveau de la mer, en sorte que l'on trouve entre les deux limites connues de la houille l'espace énorme de 3,800 toises.

Les couches de houille peuvent s'enflammer spontanément et brûler pendant des années tout entières. Les grès sont souvent vitrifiés par cette chaleur; l'argile schisteuse éprouve une demi-fusion et devient semblable à de la porcelaine de couleur variée, ou bien elle se transforme en scories analogues à celles des volcans. On voit aussi de l'hydrochlorate d'ammoniaque qui se sublime en octaèdre dans les fentes des roches, du sulfate d'ammoniaque, de l'alun et quelquefois des globules d'acier provenant de petits nids d'oxide de fer que contiennent assez souvent les couches d'argile schisteuse.

CHAPITRE TRENTE-CINQUIÈME.

TERRAINS DE SÉDIMENT MOYENS.

Au-dessus de la formation houillère, se développe une longue série de grès et de calcaires renfermant çà et là quelques matières combustibles, et comparables, jusqu'à un certain point, aux dépôts que nous venons d'étudier. Nous allons voir revenir successivement les grès, les calcaires, les argiles et les marnes, qui indiquent la succession de plusieurs périodes géologiques pendant lesquelles les dépôts s'opéraient, pour ainsi dire, de la même manière. Nous venons de voir, dans la série précédente, les grès se développer sur une puissance de 5 à 600 mètres, et les calcaires paraître au-dessus d'eux avec une épaisseur égale à la moitié de celle des grès. Au-dessus se développe la formation houillère, pendant laquelle l'acide carbonique répandu dans l'atmosphère est absorbé par la végétation. Maintenant reparaissent de nouvelles couches de conglomérat, auxquelles succèdent aussi des calcaires, mais dont l'épaisseur, en rapport avec les grès qui les supportent, n'est pas aussi considérable que celle des assises qui les ont précédés. Ce n'est que vers la fin de la longue période dont nous allons parler, que l'on voit les calcaires acquérir encore une très-grande puissance dans la formation de la craie.

Pendant cette longue succession de dépôts, nous verrons la végétation changer de nature, de nouveaux

animaux paraître successivement et laisser leurs dépouilles pour témoins de leur existence.

Nous partagerons cette série en quatre groupes : celui du grès rouge, celui du grès bigarré; celui du Jura et celui de la craie.

GROUPE DU GRÈS ROUGE.

Au-dessus des houilles, de nouveaux grès se formèrent et se déposèrent sur une épaisseur de 150 mètres. Ils sont composés de grains de quarz, et plus rarement de feldspath. La couleur rouge qu'ils offrent presque toujours est due au fer peroxidé qui enveloppe chaque grain et leur sert de ciment. Il semble qu'une sorte de transport, plutôt qu'une action de sédiment, ait produit cette roche singulière, et qu'une violente agitation ait favorisé la peroxidation du fer que les eaux contenaient alors en abondance. Le volume des galets ou plutôt des cailloux presque anguleux que l'on rencontre dans ce conglomérat, prouve qu'il ne s'est pas formé dans une eau tranquille, mais que des courans puissans ont concouru à sa formation. Les dépressions qui existaient alors sur le sol ont été remplies par ce dépôt. Les bouleversemens que l'on remarque dans les groupes antérieurs, les grandes dislocations qui ont alors agité la surface de la terre, l'apparition fréquente de roches ignées, qui semblent s'associer au grès rouge, ont été sans doute les causes qui ont contribué à la violente agitation des eaux. La végétation paraît anéantie à cette époque; aucun animal n'a laissé ses restes dans cette grande alluvion; on dirait que la vie s'était éteinte ou que l'absence de l'acide carbonique absorbé par les houilles, s'opposant au développement des végétaux, avait, par cela même, arrêté la vie animale.

Mais bientôt parut sur ce grès une nouvelle émission de calcaires, et une formation dont l'épaisseur atteignit quelquefois 150 mètres se déposa, quand les eaux, moins agitées, cessèrent d'entraîner les fragmens qui formaient le grès rouge.

On a donné le nom de *zechstein* à cette roche, qui est souvent d'un gris de fumée et dont la cassure est inégale et esquilleuse. Cette formation offre peu d'uniformité dans son épaisseur. On peut la partager en deux étages.

L'inférieur est composé de schistes marneux et souvent bitumineux recouverts de calcaire fétide. Dans ces schistes on remarque une couche d'environ un tiers de mètre d'épaisseur, qui contient le bitume et qui, de plus, renferme des minerais de cuivre gris argentifère, de cobalt arsénical et de sulfure de plomb, qui y sont disséminés en grains ou en paillettes.

L'étage supérieur est magnésifère à sa base, c'est-à-dire, que l'on y trouve des dolomies qui diffèrent de celles qui sont créées par le contact avec des roches ignées. Elles sont formées en même temps que le calcaire, qui est presque toujours celluleux, ou même caverneux. A sa partie supérieure se retrouve encore un calcaire magnésien bitumineux et fétide. Le gypse et le sel gemme existent également dans cette formation.

Quelques débris, parmi lesquels on distingue des *coraux*, des *encrinites*, des *térébratules*, des *ammonites*, et surtout le *producta aculeata* qui est caractéristique, indiquent suffisamment un dépôt marin. Des poissons ont été trouvés dans le schiste cuivreux de Mansfeld, notamment des *palæotrissum*, et là aussi, pour la première fois, apparaissent les restes d'un reptile du genre *monitor*. On cite aussi quelques débris de végétaux, principalement des *fucoïdes*, qui attestent

encore une formation marine; une *conifère*, famille qui se montre aussi pour la première fois, et quelques monocotylédones analogues à celles des houillères. Tous ces débris sont rares.

Le grès rouge est commun en Angleterre, et se retrouve au Hartz, en Thuringe, en Saxe, etc., où il est souvent recouvert par le zechstein. Ce dernier se présente souvent en Allemagne et dans une partie de l'Angleterre. Il manque en France.

Quelques géologues, et notamment M. de Beaumont, placent au-dessus du zechstein, des grès rouges qui sont fréquens dans les Vosges; mais comme le calcaire manque entre ces deux sortes de grès, et qu'il y a passage de l'un à l'autre, comme aucun fossile ne peut non plus indiquer leur véritable place, nous le considérerons comme la partie supérieure du grès rouge, quoique, dans notre manière de voir, on doive séparer en groupes distincts tous les dépôts de grès qui ne se succèdent pas immédiatement, et surtout ceux qui sont accompagnés de leurs calcaires et de leurs marnes.

Le grès bigarré, le calcaire coquiller et les marnes irisées, sont les trois membres de ce groupe. Le dernier est le plus développé, puisqu'il atteint 150 mètres de puissance, tandis que chacun des deux autres n'a jamais plus de 90 mètres. Le second membre, le calcaire coquiller, manque aussi souvent, et la formation est alors réduite aux grès qui passent, par nuances insensibles, aux marnes irisées.

GROUPE DU GRÈS BIGARRÉ.

Le grès bigarré est un grès quarzeux, à grains fins, composé de quarz et de mica, et dont les couleurs très-variables et souvent mélangées offrent différentes teintes

de rouge, de bleuâtre, de vert ou de blanc. Sa partie inférieure est plus grossière que ses assises supérieures, qui sont souvent schisteuses et renferment du gypse et de la dolomie. On y trouve quelques substances métalliques, comme le cuivre carbonaté et oxidulé, à Chessy et dans les Pyrénées. Ces grès, quelquefois désignés sous le nom d'arkose, se rencontrent sur différens points de la France, autour des Vosges, etc.

Les débris organiques sont peu nombreux dans ce grès; on y trouve cependant des *trigonia*, des *mytilus*, des *natica*, des *cypricardia*, peut-être des *mélanies* et des empreintes de végétaux appartenant aux monocotylédons et aux dycotylédons.

Le calcaire coquiller se partage généralement en trois assises, dont celle du milieu est la principale. Elle présente un calcaire compacte, gris de fumée, contenant des cailloux dans sa partie supérieure, sur laquelle se trouvent des marnes schisteuses, grises-verdâtres, avec des masses de calcaire cellulaire. Ces lits schisteux établissent le passage aux marnes irisées. La partie inférieure est une couche mince de calcaire ou de dolomie. Le calcaire coquiller contient aussi du gypse et du sel gemme, et quelquefois du silex.

De nombreux débris organiques y sont dispersés dans la plupart des localités. Quelques-uns sont caractéristiques; ce sont l'*encrinites liliformis*, *terebratula vulgaris*, *mytilus eduliformis*, *cypricardia socialis*, *ammonites nodosus*. C'est dans ce calcaire qu'apparaissent pour la première fois les restes des *plesiosaurus* et des *ichtyosaurus*, énormes reptiles aux formes singulières, qui, par la suite, devinrent bien plus nombreux.

On trouve ce calcaire dans plusieurs parties de l'Allemagne. Il est désigné sous le nom de *muschelkalk*. Pendant la formation du calcaire, il paraît que des

matières argileuses vinrent se mélanger dans les bassins où il se déposait, et il en est résulté les *marnes irisées*, ainsi nommées à cause des bigarrures de rouge, de violet et de verdâtre qu'elles présentent très-souvent. Elles n'offrent cependant ce caractère qu'à leur partie supérieure. Immédiatement au-dessus du calcaire coquiller ou du grès bigarré, quand le second terme de la série vient à manquer, ces marnes ont une structure schisteuse, et elles renferment du sel gemme et du gypse. C'est dans ce terrain que sont situées les salines de l'est de la France. Au-dessus, elles deviennent graduellement fragmentaires, et l'on y trouve, dans quelques localités, des calcaires magnésifères, de petites couches de grès et des houilles, ou peut-être des lignites, mais qui, dans tous les cas, sont exploitées comme combustibles. Enfin, des masses de strontiane existent dans la partie supérieure des marnes irisées. Les coquilles marines y sont très-rares, ainsi que celles d'eau douce, mais on y a découvert aussi des restes d'anciens sauriens différens de ceux du calcaire coquiller. L'époque de ce dépôt est remarquable en ce qu'elle indique une période géologique pendant laquelle il y a eu une petite répétition de la formation des houilles. On y retrouve un certain nombre d'empreintes qui se rapprochent beaucoup de celles du schiste bitumineux, et l'on conçoit, en effet, que la quantité d'acide carbonique répandue dans l'atmosphère, depuis la formation du *zechstein*, devait développer une nouvelle végétation qui a condensé une partie de cet acide. Il faut cependant que ce développement d'acide carbonique ait été lent et modéré ou qu'il se soit divisé sur une longue période, pour que les grands sauriens, qui ont commencé de se montrer depuis la formation du zechstein, aient pu vivre et se multiplier bien au delà du dépôt que nous

venons de décrire, et il faut remarquer aussi que jusqu'ici aucun mammifère et aucun oiseau ne se sont montrés, probablement à cause de la composition de l'atmosphère, qui ne leur permettait pas de respirer dans un milieu si chargé de carbone.

Le groupe que nous venons de décrire doit aussi donner lieu à une remarque importante; c'est qu'il termine cette série de terrains dans la formation desquels les variations de climats paraissent n'avoir eu aucune influence, puisque la chaleur centrale était encore assez intense pour masquer les distances de latitude, et par conséquent, les différens dépôts d'une même formation doivent offrir partout des caractères presque uniformes. Cet état de choses cesse avec le groupe suivant, mais il ne cesse pas brusquement; on s'aperçoit seulement de quelques différences qui deviennent de plus en plus marquées, à mesure que l'on approche de l'époque actuelle.

GROUPE DU JURA.

Une longue série de couches superposées compose le groupe du Jura qui se rencontre non-seulement dans la chaîne de montagnes qui porte ce nom, mais sur une grande portion de l'Angleterre et autour des Alpes, qui s'étendent dans une partie de l'Allemagne.

Les diverses formations qui composent ce groupe paraissent s'être déposées dans le fond de mers locales, plus ou moins étendues, dont elles ont peu à peu comblé les bassins. L'épaisseur du dépôt a dû nécessairement varier de puissance, selon sa position, relativement à la profondeur des eaux, c'est-à-dire que le milieu de ces mers doit offrir de puissantes assises qui s'amincissent à mesure que l'on approche de leurs anciens rivages. M. de Beaumont, à qui l'on doit cette ob-

servation, donne à l'appui l'exemple de la chaîne des Alpes, dont une portion semble avoir été soulevée au milieu de la partie la plus épaisse du dépôt : ces montagnes s'élèvent au centre d'une immense boutonnière dont les bords sont continus et atteignent, dans certains points, deux mille mètres de puissance, tandis que les collines de Bath et d'Oxford indiqueraient les bords du bassin et la partie la moins épaisse de cette formation.

Le groupe jurassique est très-compliqué ; il offre une longue série de couches arénacées, sableuses, calcaires et argileuses ; mais il s'en faut de beaucoup que toutes ces couches se rencontrent distinctement dans chaque dépôt ; les unes ou les autres peuvent manquer ou se présenter avec des modifications variées.

Ici, comme dans les autres groupes, on voit d'abord des grès occuper la partie inférieure, puis les calcaires et les argiles leur succéder. Plusieurs séries de dépôts semblables sont superposées et compliquent la grande formation jurassique. On peut cependant la partager en deux étages distincts : celui du *lias* et celui de l'*oolite*.

Formation du Lias.

Trois roches principales composent l'étage inférieur du groupe jurassique : 1° Le grès à carreau ou quadersandstein ; 2° le calcaire lias ; 3° les marnes supérieures du lias.

Le grès inférieur de cette formation est blanc ou jaunâtre, composé de grains de quarz et de mica ; on y voit des rognons d'argile et quelquefois des silex qui ont évidemment été roulés. Les grains de cette roche paraissent déjà plus fins que ceux des autres grès ; lorsqu'ils

manquent, ils sont quelquefois remplacés par une roche nommée *arkose*, qui paraît être un véritable granite recomposé et qui contient en général une assez grande quantité de feldspath. Les fossiles y sont très-rares.

Au-dessus des grès, vient l'assise de calcaire, qui n'offre pas cette cassure nette et cette texture compacte que présentent ceux des formations antérieures. C'est un calcaire grossier, un peu marneux, renfermant un grand nombre de coquilles, parmi lesquelles les plus caractéristiques sont le *gryphæa incurva*, qui est extrêmement abondant, l'*ammonites bucklandii* et le *plagiostoma gigantea*. On voit ce calcaire alterner avec des couches marneuses et reposer, en Angleterre, sur des marnes noires et schisteuses, analogues aux schistes de la formation houillère; le calcaire lui-même, ordinairement blanc ou bleuâtre, devient parfois noir, compacte, rempli d'entroques, fétide et bitumineux, en un mot, analogue au calcaire noir qui se trouve au-dessus du groupe de la grauwacke et qui précède les houilles.

L'assise marneuse de la formation du lias est assez souvent la plus puissante, comme celle des marnes irisées est aussi la plus développée du groupe précédent. Ces marnes du lias sont souvent schisteuses, offrant des teintes grises ou brunes, et contiennent des noyaux de véritable calcaire; elles sont bitumineuses et fétides dans un grand nombre de localités; enfin, elles contiennent de la houille, comme à Mende et à Milhau. Ces houilles ne sont cependant pas les mêmes que celles du terrain houiller; elles en diffèrent par plusieurs caractères, mais leur présence indique que les circonstances favorables au dépôt de ce combustible s'étaient renouvelées, comme cela a eu lieu après chaque dépôt de calcaire.

La formation du lias est répandue dans diverses parties de l'Allemagne et sur les flancs du plateau central de la France, ainsi que dans la Lorraine, le Jura, etc.

Formation oolitique.

On donne le nom d'oolite à un calcaire composé d'un nombre immense de petits globules agglutinés, ou du moins tellement rapprochés, qu'ils forment une roche assez dure, et comme ce calcaire se reproduit à plusieurs reprises dans cette formation, l'ensemble a conservé la dénomination de la roche principale.

C'est surtout en Angleterre que cet étage du groupe jurassique a pris un grand développement, et les géologues anglais l'ont étudié avec beaucoup de soin. Ils y distinguent un grand nombre de couches qui ne sont probablement que des dépôts locaux, mais auxquels cependant on a toujours cherché à rapporter les assises des autres pays.

L'oolite inférieure, dont la puissance est de près de 100 mètres, se compose d'abord de sables légèrement calcaires, contenant des concrétions de carbonate de chaux. Au-dessus, se trouvent des calcaires bruns, durs, renfermant beaucoup de grains d'oxide de fer, puis ensuite vient la terre à foulon, formée d'une série d'assises marneuses et argileuses, dont une seule est exploitée et a donné le nom à l'ensemble.

La grande oolite est composée de calcaires jaunes, à structure essentiellement oolitique, recouverte par l'*argile de Bradfort*, marne bleuâtre qui contient un grand nombre d'encrines; puis viennent plusieurs couches de sables, d'argiles et de calcaires renfermant beaucoup de coquilles, et principalement des *avicules*, des *trigonies*, plusieurs espèces de *térébratules*, etc., etc.

La grande oolite est terminée par un calcaire friable, grossier, divisible en feuillets peu épais et très-nombreux.

Au-dessus, vient l'argile d'Oxford, qui atteint l'énorme développement de 183 mètres; c'est une argile tenace, d'une couleur blanc-foncé, offrant des lits subordonnés de calcaires et de schistes bitumineux. Le calcaire abonde surtout à la base de cet énorme banc, qui offre un fossile très-caractéristique, le *gryphæa dilatata*. Au-dessus, se trouvent de petites couches de sable calcarifère, puis le coral-rag calcaire friable, contenant une très-grande quantité de *coraux* et d'épines de dos d'*échinites*. Enfin, vient la véritable oolite jaune, à grains bien distincts et concrétionnés, que l'on exploite comme pierre de taille. Cet ensemble, qui recouvre l'argile, atteint 46 mètres d'épaisseur.

En allant toujours de bas en haut, on retrouve, au-dessus de cette oolite de nouvelles couches d'argile qui, à Kimmeridge, ont une épaisseur de 152 mètres. C'est un assemblage d'argile schisteuse bleuâtre ou jaunâtre, avec des lits de schiste bitumineux; on y trouve des débris de sauriens, comme dans les autres assises du groupe oolitique, diverses coquilles, et particulièrement l'*ostrea deltoïdea*, qui est la plus caractéristique. Cette argile est recouverte par l'oolite supérieure ou oolite de Portland, épaisse de 37 mètres et composée de différens lits de calcaires grossiers, grenus, compactes ou oolitiques, offrant ainsi des degrès de dureté très-différens, renfermant de nombreuses coquilles, et caractérisée surtout par la présence du *pecten lamellosus* et de l'*ammonites triplicatus*.

Telles sont les principales assises de la formation oolitique qui se trouve si bien développée en Angleterre. Dans les autres contrées, on la voit varier, et certaines

roches se substituent à d'autres, admettant plus ou moins de calcaire dans leur composition; mais, en somme, c'est une des formations les plus puissantes qui existent. On voit facilement qu'à l'époque de ces dépôts il y avait de grandes étendues de terre découvertes et que des pluies abondantes en entraînaient les débris; on voit les derniers grès se déposer sous les calcaires du lias; au-dessus, on ne trouve plus que des sables et des argiles pour les remplacer. Les forces actives qui, pendant les créations antérieures, avaient balayé le sol en corrodant sa surface, s'étaient affaiblies et les eaux charriaient des sables au lieu de graviers.

Un des caractères les plus remarquables de ce groupe jurassique, c'est la structure oolitique des calcaires qui, sans être constante et sans être une condition nécessaire de l'existence de cette formation, se montre néanmoins fréquemment et s'observe même sur les minerais de fer qu'elle renferme assez souvent. Cette structure se retrouve ensuite dans des terrains plus modernes et même sur les calcaires des bancs de coraux qui se forment actuellement dans les mers tropicales. M. de Buch a aussi observé leur formation à l'Isleta, dans les grandes Canaries, et il regarde ces oolites modernes, ainsi que ceux de la formation jurassique, comme le résultat d'un mouvement très-continu de débris de coquilles dans une eau très-chaude (1).

L'opinion de ce savant géologue se joint à d'autres considérations pour nous faire supposer qu'en effet, à cette époque, les eaux possédaient encore une température très-élevée; elles avaient, selon toute apparence, le degré de chaleur le plus favorable au développement

(1) *Description des Canaries*, p. 234.

des animaux aquatiques; car on ne peut se faire une idée de l'énorme quantité de mollusques, de radiaires, de zoophites qui ont laissé leurs dépouilles dans les différentes couches de cette grande formation. Presque toutes les espèces qui avaient commencé de se montrer dans les terrains inférieurs se retrouvent ici en plus grande abondance. Les *ammonites*, les *bélemnites*, les *térébratules* acquièrent leur plus grand développement, et une foule d'autres espèces partent de ce point pour se propager long-temps encore dans les couches supérieures.

Ce qui caractérise surtout la formation jurassique, c'est la présence de nombreux sauriens, que le terrain inférieur n'avait offert qu'en très-faible proportion. Ici les circonstances paraissent avoir été extrêmement favorables à leur propagation; d'énormes *ictyosaurus*, des *megalosaurus*, de singuliers *plesiosaurus*, et une foule d'autres espèces, habitaient les eaux pendant le dépôt des argiles et des oolites, et ont laissé leurs dépouilles près des continens, à l'embouchure des grands fleuves dans lesquels ils vivaient, sans doute comme nos crocodiles d'aujourd'hui. Des *pterodactiles*, ou grands lézards volans, tenaient lieu des oiseaux qui n'avaient pas encore paru, et voltigeaient en étendant les larges membranes dont leurs membres étaient garnis.

Il paraît que ces nombreux sauriens formaient alors des tribus immenses qui pouvaient à la fois, comme nos crocodiles, habiter la fange ou les eaux, et dont les poumons étaient tellement organisés, qu'une proportion un peu considérable d'acide carbonique ne pouvait leur nuire. Les forces organiques capables de produire ces monstrueux reptiles eussent sans doute été suffisantes pour créer des mammifères et des oiseaux, s'ils eussent pu respirer dans un milieu aussi chargé d'acide carbonique; cependant on ne cite qu'un seul débris de mam-

mifère, le *didelphis bucklandii*, qui vient, comme une anomalie, se présenter avant tous les autres. De nombreux poissons vivaient aussi pendant cette période géologique; la vie avait pris son essor, la température était la plus favorable à l'existence de tous ces êtres vivans, et les terres émergées se couvraient alors de nombreux végétaux.

GROUPE DE LA CRAIE.

Après les puissans dépôts des oolites, de leurs marnes et de leurs argiles, survint l'immense précipitation de la craie. Il s'en faut cependant que cette formation soit uniforme; elle présente au contraire de grandes différences sur presque toutes les localités où on la rencontre; c'est au point que, dans l'état actuel de nos connaissances, son seul caractère invariable est sa situation entre le groupe jurassique et les terrains de sédiment supérieurs.

Le groupe de la craie, considéré en grand, est formé, comme les terrains qui lui sont inférieurs, de sables, d'argile et de calcaires. Ces derniers en occupent la partie supérieure, tandis que les autres roches se développent à sa base; mais il y a une grande variété et dans les roches et dans leur développement. Le seul moyen d'étudier une formation dont les caractères offrent si peu de constance, consiste à se créer un lieu de rapport auquel on compare ensuite les autres dépôts du même genre, et, autant que possible, il faut choisir son terme de comparaison dans les points les plus compliqués de la formation. C'est l'Angleterre qui fournit ce type pour la craie, comme elle l'a déjà fait pour la partie supérieure du groupe jurassique.

On partage ordinairement le groupe de la craie en deux formations que nous allons successivement étudier.

Formation du grès vert.

A quelques exceptions près, cette formation renferme toute la portion arénacée du groupe, et se compose de plusieurs assises de sables et de grès que nous allons aussi partager en deux étages, comme l'a fait M. Labèche, dans son *Tableau des terrains.*

Le premier de ces étages est une formation d'eau douce, probablement toute locale; le second est un dépôt marin.

L'étage inférieur est composé de calcaire, de sables et d'argiles.

Le calcaire de Purbeck, exploité pour le dallage des rues de Londres, alterne avec des couches de marne schisteuse et contient des débris de crocodiles, de poissons et des huîtres.

Au-dessus, se trouvent des sables et grès ferrugineux dont l'épaisseur est de 122 mètres. Ce sont des couches alternatives de marnes, d'argile et de sables dans la partie inférieure, et au-dessus, des grès calcaires compactes. Ces couches renferment souvent des minerais de fer et se sont évidemment déposées dans l'eau douce. On y rencontre des lignites assez abondans, des sauriens, des os d'oiseaux, des *unio,* des *échinites*, des *paludines*, des *cyrènes*, des *cyclas,* des *avicules*, des *mytilus*, etc.

Ces sables ferrugineux sont recouverts par l'argile à lignites, à laquelle ils passent insensiblement, car cette argile renferme à sa base des couches de sables subordonnées. Bientôt après, ce sont de petits lits calcaires qui remplacent les sables, et enfin l'argile plus pure prend une teinte grisâtre ou bleuâtre et devient schisteuse; elle contient, comme les sables qu'elle recouvre,

des débris d'eau douce et surtout le *cypris faba* et le *vivipara fluviorum*. Ces argiles ont 91 mètres. L'étage supérieur de cette formation est formé par les véritables grès verts, masse très-puissante d'environ 150 mètres d'épaisseur, mais contenant toujours une argile marneuse dont l'épaisseur peut atteindre 46 mètres.

Les sables verts inférieurs sont aussi ferrugineux et offrent diverses nuances de couleur et divers degrés de dureté; ils sont généralement verts en bas et ferrugineux en haut. On y trouve de nombreux fossiles marins, dont les plus caractéristiques sont le *gervilia aviculoïdes*, le *thetis minor*, le *trigonia aliformis*.

Avant d'arriver aux sables verts supérieurs, on rencontre des couches de marne argileuse, presque toujours bleue et rude au toucher; elles renferment aussi des fossiles, parmi lesquels on distingue l'*inoceramus sulcatus*. Ces sables supérieurs contiennent de la marne verte et durcissent quelquefois assez pour être employés comme pierre de taille. Les fossiles y sont aussi assez répandus, et l'*ostrea carinata* paraît les caractériser.

Ces deux étages, de la même formation, sont rarement réunis, et le premier, qui s'est déposé dans l'eau douce, paraît être un sédiment particulier à l'Angleterre.

Formation de la Craie.

Cette formation, quelquefois très-étendue, termine la série des terrains de sédiment moyens ou terrains secondaires de la plupart des auteurs; elle se compose, d'après les beaux travaux de MM. Brongniart et Omalius d'Halloy, de trois assises assez distinctes dans leurs extrêmités, quoique passant de l'une à l'autre par des nuances insensibles. La plus ancienne est la *craie chlo-*

ritée, appelée plus récemment par M. Brongniart *glauconie crayeuse*; elle est grisâtre, friable et toute parsemée de grains verts qui ressemblent beaucoup à la chlorite, et de nodules verdâtres ou rougeâtres qui, d'après M. Berthier, renferment beaucoup de fer, et souvent tant de chaux phosphatée qu'ils en sont presque entièrement composés. L'assise moyenne est la *craie grossière* ou *craie tufau*, grisâtre, sableuse, renfermant des marnes, et au lieu de silex pyromaques, des silex cornés peu foncés. L'assise supérieure est la *craie blanche*, qui est toujours mélangée de sable siliceux à grains très-fins, surtout dans ses parties les plus rapprochées de la surface du sol; c'est cependant la plus pure de ces trois couches.

La formation de craie est assez répandue (Hanôvre, Westphalie, Holstein, île de Rugen, Angleterre, France), et se remarque surtout vers le bassin de Paris, dont elle est l'assise la plus inférieure; c'est toujours la *craie blanche* qui s'y montre.

Elle ne renferme que quelques couches subordonnées : des lits d'argile, des silex pyromaques et cornés, soit en plaques ou en rognons bien alignés, soit en petits filons, et caractérisant les parties supérieures de la craie. On y trouve aussi des pyrites globuleuses et de la strontiane sulfatée en petits cristaux transparens et bleuâtres, offrant les variétés nommées par Haüy *apotome* et *dyoxinite* (Meudon, Bougival). Mais ce qui caractérise essentiellement la craie, ce sont les débris organiques qu'on y trouve. Ces débris, inégalement répandus dans la masse, diffèrent non-seulement de ceux qu'offrent les terrains plus récens, mais ils présentent aussi de très-grandes différences d'espèce et même de genre, suivant qu'ils appartiennent aux parties inférieures ou supérieures de la formation crayeuse.

On remarque que c'est dans la *craie tufau* et dans la *craie chloritée* que se rencontre la plus grande portion de coquilles fossiles. La *craie blanche* du bassin de Paris renferme, suivant MM. Defrance et Brongniart, beaucoup de *térébratules* (*Terebratula Defrancii*, *T. plicatilis*, *T. alata*, *T. cornea*); de *bélemnites* (*Belemnites mucronatus*); d'*oursins* (*Ananchites pustulosa*, *A. ovata*, *Galerites vulgaris*, *Spatangus coranguinum*, *S. bufo*); des *huîtres* (*Ostrea vesicularis*, *O. serrata*); des *peignes*; le *Catillus Cuvieri*; des *asteries*, des *alcyonium*, des *millepores*, etc. La *glauconie crayeuse* et la *craie tufau* renferment (environs de Rouen, de Honfleur, du Hâvre, porte du Rhône près Bellegarde) : *Gryphea auricularis*, *G. aquila*, *G. columba*; *Pecten intextus*, *P. asper*; *Terebratula semiglobosa*, *T. gallina*; *Podopsis truncata*, *P. striata*; *Ostrea carinata*, *O. pectinata*; *Cerithium excavatum*; des *crassatelles*; des *trigonies*, des *encrinites* et des *pentacrinites* (Angleterre), des *nautilites* et plusieurs *ammonites*. Ces deux derniers genres de coquilles sont particuliers à ces deux assises inférieures, car la craie blanche, près Paris, ne contient (à l'exception du *Trochus basteroti*) aucune coquille univalve à spire simple et régulière. C'est toujours dans les couches les plus anciennes que se présentent les ossemens de grands sauriens (*monitor*) et de *tortue de mer*, des dents et des vertèbres de *poissons* rapportés aux *squales*.

On voit par ce qui précède que le groupe de la craie a été formé mécaniquement à sa partie inférieure et chimiquement à sa partie supérieure, car on ne peut guère supposer qu'un dépôt aussi considérable soit un simple sédiment de matières calcaires enlevées par les eaux à des roches préexistantes de même nature. La

présence de ces nombreux rognons de silex indique que les eaux qui ont amené le carbonate de chaux contenaient aussi la silice, qui s'est réunie par séries de nodules, au lieu de se mélanger au calcaire et de le rendre siliceux. Cette seule circonstance fait entrevoir que le dépôt s'est formé très-tranquillement, sans secousse et sans agitation des eaux. On ne peut l'attribuer à une autre cause qu'à l'apparition de sources thermales, abondantes et nombreuses, qui, à plusieurs époques, mais ici pour la dernière fois, se sont montrées avec une grande intensité d'action. L'acide carbonique a dû se produire abondamment pendant cette période, car aucun animal à respiration complète n'a encore paru, et déjà, pendant le dépôt de ce calcaire, des houilles ont été produites. Telles sont celles d'Entrevernes, en Savoie, que M. de Beaumont considère comme appartenant à ce groupe. A l'exception de ces houilles, les débris des végétaux sont aussi rares dans la craie que les restes d'animaux y sont communs. Beaucoup d'espèces, qui avaient pris déjà un très-grand développement dans la formation jurassique, se sont aussi multipliées dans la craie, mais n'ont pas été plus loin. Ainsi les *bélemnites* y ont pris un très-grand accroissement sans se montrer plus haut; les *ammonites* se sont arrêtées dans la même formation, ainsi que les *gryphées*, tandis que d'autres espèces, comme les *nummulites*, ont paru pour la première fois dans ce groupe et ont ensuite continué de se montrer dans les terrains qui lui sont supérieurs.

CHAPITRE TRENTE-SIXIÈME.

DES TERRAINS DE SÉDIMENT SUPÉRIEURS.

Lorsque la craie eut cessé de se déposer, la terre était encore loin d'offrir les caractères extérieurs qu'elle présente aujourd'hui; mais cependant il s'était écoulé un grand laps de temps depuis les premiers dépôts de sédiment; la croûte sédimenteuse s'était épaissie, l'action de la chaleur centrale se faisait sentir à la surface avec moins d'intensité, et ce fut à cette époque remarquable que l'on vit paraître d'abord une végétation nouvelle dont celle des tropiques peut nous rappeler l'aspect, et ce nouveau développement de la vie animale qui donna naissance aux mammifères et aux oiseaux. Pendant cette longue période géologique, de nouveaux terrains se formèrent; de nombreuses assises de sable, de marnes, d'argiles, de gypse et de calcaires se succédèrent ou revinrent périodiquement à différentes époques, et comblèrent d'anciennes mers qui existaient encore, des golfes qui n'étaient pas émergés et de grands lacs d'eau douce situés au milieu des terres.

Plusieurs espèces d'animaux, et même des genres entiers appartenant à la grande classe des mollusques, s'éteignirent avant de parvenir jusques dans ces terrains supérieurs à la craie; mais en revanche, un nombre immense d'autres espèces, ainsi que des genres nou-

veaux se multiplièrent à tel point que l'on compte maintenant plusieurs milliers d'espèces (3000), dont les débris sont ensevelis dans les couches de ces terrains.

Aucune espèce fossile des terrains antérieurs n'a vécu jusqu'à notre époque, tandis qu'il n'en est pas de même des mollusques des terrains tertiaires dont nous nous occupons maintenant.

Les travaux remarquables de M. Deshaies l'ont conduit, sous ce rapport, à un résultat très-curieux, au moyen duquel, considérant seulement les caractères zoologiques de ce terrain, il le partage en trois étages :

Le premier, c'est-à-dire le plus ancien, correspond à l'époque du plus grand développement des mollusques. Il en renferme 1,400 espèces, parmi lesquelles 38 seulement ont leurs analogues vivans, ce qui fait 3 p. 100.

Le second étage contient 900 espèces fossiles, sur lesquelles 161 ont leurs analogues vivans, ce qui donne 18 p. 100.

Enfin, le troisième renferme seulement 700 espèces, et offre plus de la moitié, ou 52 p. 100 d'espèces analogues aux nôtres.

Ces considérations ont conduit M. Deshaies à des recherches du plus grand intérêt; c'est de comparer ces fossiles à ceux qui vivent maintenant sous diverses latitudes, et d'en déduire la température probable de cette époque. Il est arrivé, par ces données, à attribuer au climat de Paris, à l'époque du dépôt le plus ancien, une température moyenne de 27° $\frac{1}{2}$, qui se serait lentement abaissée juqu'à notre époque. C'eût été par conséquent une température un peu plus élevée que celle qui existe actuellement sous la zône torride. M. de Beaumont, qui s'est aussi occupé de cette question, pense qu'en prenant en considération les travaux de M. Ad. Bron-

gniart, le climat de Paris, pendant la plus ancienne période tertiaire, doit avoir ressemblé beaucoup à celui de la Basse-Egypte, dont la température moyenne est au Caire de 22°.

En adoptant l'une ou l'autre de ces deux températures, il n'en est pas moins vrai que le climat a changé entièrement pendant la période tertiaire ou la période des terrains de sédiment supérieurs. Les espèces équatoriales se sont peu à peu éteintes; et celles qui peuplent actuellement nos contrées, les y ont lentement remplacées. C'est donc une des époques géologiques les plus curieuses que celle qui a pu opérer de tels changemens, et qui a vu naître les nombreuses tribus d'oiseaux et de mammifères.

Ces terrains reposent immédiatement sur la craie, et, dans beaucoup d'endroits, il semble que la craie ait été dégradée avant de les recevoir et qu'il se soit écoulé un laps de temps assez considérable avant qu'elle en soit recouverte. Ailleurs, il y a véritablement passage d'une couche à l'autre, et par la nature des roches et par les caractères des fossiles.

Ce terrain est ordinairement disposé en étages, dont la hauteur va décroissant jusqu'à la mer. M. J. Desnoyers a distingué dans la vallée de la Loire le plateau du Blaisois, éloigné de la mer de 50 lieues, et haut de 130 mètres, puis celui de l'Anjou, dont la hauteur n'est plus que de 50, et au-dessous celui de la Loire-Inférieure, qui est réduit à 15 et à 10 mètres (1).

On trouve peu de minéraux disséminés dans les terrains tertiaires : le fer est peut-être le seul métal que l'on y rencontre.

---

(1) *Annales des Sciences naturelles*, t. XVI, p. 455.

Tantôt ces terrains se sont déposés dans des eaux marines et d'autres fois dans des eaux douces. La nature des débris organiques caractérise ces deux genres de dépôts que l'on voit aussi alterner, comme si la mer avait, à plusieurs reprises, cédé aux eaux continentales des terrains qu'elle serait ensuite revenue envahir.

Cette alternance de formations marines et d'eau douce a donné lieu à diverses hypothèses; mais celle qui a été proposée par M. Constant Prevost semble s'adapter parfaitement aux faits observés dans le bassin de Paris, et nous la reproduirons un peu plus loin.

Les dépôts qui appartiennent aux terrains tertiaires, offrent des différences très-notables dans leur composition. L'influence du climat s'y fait sentir bien plus que dans toutes les formations précédentes, et l'on s'aperçoit facilement que la terre approchait alors de l'état d'équilibre et de stabilité qu'elle nous présente aujourd'hui.

L'histoire des terrains devient de plus en plus compliquée, à mesure qu'ils se rapprochent davantage de cette époque. Les descriptions générales qui s'appliquaient à la totalité des dépôts des formations plus anciennes, ne conviennent plus à des sédimens que les circonstances locales font varier sur des points même très-rapprochés, en sorte que nous ne pourrions développer les caractères nombreux des terrains tertiaires qu'en décrivant les différens bassins. Les limites de cet ouvrage ne nous le permettent pas, et nous nous contenterons de décrire celui de ces bassins qui est à la fois le mieux connu, le plus compliqué, et qui sert d'horizon géologique pour tous ceux qui appartiennent à la même série. C'est le bassin de Paris, que les travaux de M. Al. Brongniart et de Cuvier ont rendu

classique depuis la publication de leurs savans mémoires.

On peut partager le dépôt de sédiment supérieur des environs de Paris en deux étages superposés.

ÉTAGE INFERIEUR.

Il est principalement composé d'argile, de lignites, de grès et de calcaires, qui reposent immédiatement sur la formation de la craie.

La roche la plus ancienne est l'argile plastique, qui est généralement pure, onctueuse, grise ou bleuâtre, qui se délaye facilement dans l'eau, et offre çà et là des veines ou des taches rouges ou jaunâtres, quelquefois blanches. Elle présente assez souvent deux assises séparées par une couche de sable. La couche inférieure est plus pure que la supérieure. Au-dessus de ces argiles se trouvent les premiers grès, dépôts siliceux, qui se présentent sous forme de buttes isolées, et qui semblent n'être autre chose que les témoins d'une vaste couche qui aurait rempli un ancien bassin et qui ensuite aurait été dégradée.

Des lignites très-abondans et chargés de pyrites très-efflorescentes existent dans cette partie inférieure du terrain tertiaire, et y sont abondamment répandus. On y rencontre du succin. Il semble même que cette couche de lignites ait été plus étendue autrefois qu'aujourd'hui, et il est bien probable que des dégradations postérieures à leur dépôt en ont entraîné une grande partie, en même temps que le grès dont quelques buttes isolées rappellent l'ancienne puissance.

Cette assise du terrain tertiaire est évidemment d'eau douce. On y trouve des *paludines*, des *mélanies*, des *mélanopsides*, des *physes*, des *lymnées*, etc., puis

aussi des *huîtres*, des *cardium*, etc., qui annoncent un passage au terrain marin qui, en effet, vient bientôt se montrer.

Ce dépôt supérieur aux argiles à lignites est un calcaire grossier, jaunâtre, alternant avec des masses argileuses et calcaires, surmonté par des grès, et placé sur des sables verts. Cette portion de terrain tertiaire acquiert une épaisseur de 34 mètres, et se trouve quelquefois remplie par les argiles qui prennent alors un grand développement, comme dans le bassin de Londres. On trouve encore dans ce calcaire quelques empreintes de plantes, des débris de cétacées et un grand nombre de coquilles marines, telles que des *nummulites*, des *cérithes*, des *cardium* et un grand nombre d'espèces des genres *lucina*, *voluta*, *crassatella*, *ostrea*, *turritella*, *petunculus*, *milliolites*, *cythœrea*, *orbitolites*, etc.; mais l'espèce qui caractérise cette époque est le *cerithium giganteum*, que l'on rencontre principalement dans la partie inférieure du calcaire grossier.

ETAGE SUPERIEUR.

Cet étage peut être lui-même partagé en deux; car il est composé de nombreuses assises superposées, dont les unes ont évidemment été déposées sous les eaux douces, tandis que les autres l'ont été sous les eaux de la mer.

Le *calcaire siliceux* constitue la base de cet étage. C'est un calcaire tantôt blanc et tendre, tantôt gris et compacte, pénétré de matière siliceuse qui s'est infiltrée à travers la masse et dans toutes les directions. Il est souvent cellulaire; les cavités sont quelquefois assez grandes et communiquent entre elles dans tous les sens.

Les parois sont recouverts par des concrétions siliceuses, mamelonnées, ou par de petits cristaux de quarz transparens. Il passe à la pierre meulière, qui, d'après les recherches de M. Dufresnoy, n'est souvent qu'un accident de ce calcaire.

Sur le *calcaire siliceux*, qui est une formation d'*eau douce* superposée au *calcaire grossier d'origine marine*, repose le *gypse ossifère* d'eau douce et les *marnes marines*. Cette formation gypseuse consiste en alternances de gypse et de marnes argileuses ou calcaires. Elle se développe beaucoup aux environs de Paris. On y distingue deux parties; l'inférieure, dans laquelle le gypse n'est pas encore puissant, est composée de couches multipliées et alternantes de sulfate de chaux plus ou moins cristallines et de marnes feuilletées. La partie supérieure offre le gypse en puissantes assises, tandis que la marne est réduite à de petites couches subordonnées. L'ensemble de la formation gypseuse a jusqu'à 34 mètres d'épaisseur. Elle est principalement caractérisée par la présence de nombreux débris de mammifères, que Cuvier a, pour ainsi dire, rendus à la vie. Ce sont des espèces qui n'existent plus maintenant et qui parcouraient autrefois les bords du grand lac où leurs débris ont été charriés. Ces restes appartiennent aux genres *Palæotherium*, *anoploterium*, *antrachoterium*, *lophiodon*, *cheropotamus*, *adapis vespertilio*, etc.

Des marnes d'eau douce, calcaires ou argileuses, terminent la formation gypseuse. Elles contiennent en abondance des *lymnées* et des *planorbes*, et l'on a découvert dans leur partie inférieure des feuilles de palmier d'une grandeur considérable. Ces marnes passent peu à peu à d'autres marnes marines qui contiennent beaucoup d'huîtres qui ont vécu sur les lieux mêmes.

Elles sont jaunes ou verdâtres, et renferment aussi des *cythérées*, des *ampullaires*, des *cérithes* et quelques débris de poissons.

A ces marnes succèdent les *sables* et *grès marins supérieurs*. Ce sont des couches irrégulières de sables et de grès siliceux, dont la partie inférieure ne contient que des restes organiques brisés et en très-petit nombre, ce qui fait supposer que ce peu de fossiles a été amené par les eaux et que leurs animaux n'ont pas vécu sur les lieux mêmes. Au-dessus d'eux se trouve un grès calcarifère rempli de coquilles marines, telles que des *cerithium*, des *cytherea*, des *mélania*, *ostrea*, etc.

Enfin, cette intéressante série de dépôts marins et d'eau douce est terminée par la *formation d'eau douce supérieure*, dont les caractères sont plus variables que ceux de toutes les assises précédentes. Tantôt ce sont des marnes blanches, friables et calcaires; tantôt ce sont de vastes masses de silice auxquelles il faut rapporter une partie des pierres meulières. Celles-ci sont quelquefois tout-à-fait dépourvues de débris organiques, tandis que, dans d'autres localités, même très-rapprochées, on y trouve des *lymnées*, des *planorbes*, des *potamides*, des *hélices*, des *gyrogonites* ou graines de *chara*, le *nymphæa arethusa*, le *carpolithes thalictroïdes* et des *bois silicifiés*.

Telles sont les nombreuses assises du terrain tertiaire des environs de Paris. On y reconnaît successivement, comme l'ont indiqué MM. Cuvier et Brongniart :

1° Première formation d'eau douce.	Argile plastique. Lignites. Premier grès.
2° Première formation marine....	Calcaire grossier.

3° Deuxième formation d'eau douce.	Calcaire siliceux. Gypse à ossemens. Marnes d'eau douce.
4° Deuxième formation marine....	Marnes marines du gypse. Sables et grès marins supérieurs. Marnes et calcaires marins sup.
5° Troisième formation d'eau douce.	Meulières sans coquilles. Meulières avec coquilles. Marnes d'eau douce supérieures.

Voilà donc des dépôts qui semblent nécessiter le retour périodique des eaux de la mer et des eaux douces, alternance que l'on a essayé d'expliquer au moyen de révolutions successives, tandis que M. Constant Prevost en a donné une théorie toute naturelle, et qui s'accorde avec les faits, sans avoir recours à ces nombreux cataclysmes que les géologues appelaient autrefois à leur secours.

Lors du dépôt du calcaire grossier, c'est-à-dire à l'époque où vivait le *cerithium giganteum*, une grande mer occupait une partie de la France et de l'Angleterre, et quelques îles seulement, formées par le terrain de craie, s'élevaient au-dessus des eaux. Cet ancien état du sol dans cette partie de l'Europe, a été représenté par M. Elie de Beaumont dans une carte jointe au Mémoire qu'il a publié sur l'étage inférieur du terrain tertiaire (1). Ce ne fut donc pas dans un bassin, mais dans une véritable mer que commencèrent ces dépôts, à une époque où l'Europe était bien loin encore

(1) *Mémoires de la Société géologique de France*, t. I.

d'avoir acquis l'aspect et les limites qu'elle nous offre aujourd'hui. Un fait bien remarquable, mais analogue à ceux que nous avons déjà observés, c'est l'apparition d'une grande quantité de matières charbonneuses, pendant la première période qui a donné naissance aux terrains tertiaires. Le grand développement de la craie qui l'avait précédée avait sans doute répandu dans l'air une quantité d'acide carbonique qui fut peut-être assez grande pour détruire la majeure partie des sauriens qui avaient paru pendant la formation jurassique. De nombreux végétaux se développèrent de nouveau, et leurs débris, entraînés par les eaux continentales, vinrent se déposer dans des golfes ou à l'embouchure des grands fleuves. Les phénomènes qui avaient apparu lors de la formation des houilles se renouvelèrent sur une plus petite échelle : la pression étant moindre, la chaleur moins forte, les végétaux étant différens, il se forma seulement des lignites qui, selon toute apparence débarrassèrent l'atmosphère d'une quantité surabondante d'acide carbonique et permirent alors aux mammifères et aux oiseaux de venir animer la terre où ils pourraient désormais respirer.

La mer abandonna peu à peu le sol que les eaux pluviales vinrent bientôt raviner, et tout annonce que le bassin de Paris a été occupé par un grand lac d'eau douce, après la retraite de la mer, qui venait de déposer le calcaire grossier. « Cette mer, dit M. Prevost, avait formé des sédimens non-seulement dans la cavité profonde au centre de laquelle est Paris, mais aussi sur les bords élevés du bassin qu'occupent aujourd'hui les plaines de la Champagne, de la Bourgogne, par exemple, où cependant on ne les retrouve plus aujourd'hui que par places et y formant des îlots peu nombreux.

» La mer s'est retirée ; elle a abandonné totalement

les parties élevées, et les eaux restées dans les parties basses y ont formé un ou plusieurs grands lacs; sans doute qu'un grand cours d'eau venant de l'est et sud-est pour se rendre à la mer, traversait le lac ancien, de même que le Rhin traverse aujourd'hui le lac de Constance, comme le Rhône traverse celui de Genève, et que les eaux douces ont remplacé ainsi successivement les eaux salées laissées par l'Océan dans sa retraite.

» Lamanon, qui avait cette idée, va même jusqu'à supposer que les eaux courantes qui sillonnaient et lavaient les craies de la Champagne, remplies de pyrites, tenaient en dissolution le sulfate de chaux produit par suite de la décomposition de celles-ci, et qu'arrivées dans le bassin de Paris, où leur cours devenait plus lent, elles déposaient ce sel par lits plus ou moins cristallins, selon leur degré de saturation.

» Quoi qu'il en soit de cette dernière supposition, il est évident que des couches gypseuses, ou des marnes qui renferment des lymnées, des planorbes, etc., recouvrent le fond de l'ancienne mer dans le bassin de Paris, qu'au-dessus de ces premiers lits s'en voient d'autres qui contiennent des corps marins, que les gypses reparaissent, et ainsi jusqu'à sept à huit alternatives.

» Supposons maintenant que le grand lac étant formé par la retraite de la mer, les eaux devenues douces commencent à produire des dépôts dans son sein et à nourrir des animaux nouveaux; qu'alors, par une circonstance dont la cause peut être facilement appréciée, une crue d'eau momentanée ait lieu dans les fleuves qui traversent le lac; ces eaux débordées balaient les parties hautes; elles reprennent les anciennes productions de la mer qu'elles rencontrent éparses sur leur

passage; elles les charrient avec le limon et les déposent avec lui lorsque le courant se ralentit. La tranquillité revient-elle, le volume des eaux diminuant, elles se saturent de gypse, et de nouveaux dépôts cristallins et d'eau douce se forment; la répétition de la première cause produit une nouvelle couche dite marine, et ainsi de suite, jusqu'à ce que toutes les rives supérieures du fleuve qui sont à portée de ses débordemens ordinaires, soient débarrassées de tous les débris de l'ancien Océan. Alors il n'y a plus que des dépôts de gypse cristallisés, séparés seulement de temps en temps par des lits de marne sans coquilles.

» Si l'on voulait donner plus d'étendue à cette hypothèse, on pourrait l'appliquer à toute la formation de sable et de grès qui recouvre les gypses; on supposerait alors que ces sables et les fossiles marins qu'ils renferment sont contemporains de ceux du calcaire grossier; qu'ils couvraient depuis des siècles de vastes contrées à l'est et au sud-est de Paris, lorsqu'une grande débâcle qui, selon toute apparence, s'est faite du sud-est au nord-ouest, les a rencontrés dans sa route et est venue les apporter sur les gypses dont l'origine serait cependant plus nouvelle (1). »

Ce qui semblerait donner encore du poids à cette théorie des affluens, proposée par M. Prevost, c'est le mode de disposition relative de ces divers terrains. Quoique ces étages reposent l'un sur l'autre, ils sont placés, ainsi que l'observe M. Omalius d'Halloy, comme les tuiles d'un toit, plutôt que comme les étages d'une maison, c'est-à-dire qu'ils ne se recouvrent pas complètement; mais leur position diffère aussi de celle des

---

(1) C. Prevost, *Sur les grès coquillers de Beau-Champ*, p. 14.

tuiles, en ce que l'étage supérieur, au lieu d'être le plus élevé est le plus bas, et que l'on voit chacun des étages suivans sortir de dessous celui qui le précède et atteindre une plus grande élévation, à l'exception cependant de l'étage inférieur, qui a peu de développement et qui est presque toujours recouvert par l'un des étages supérieurs (1).

Des terrains tertiaires, généralement moins compliqués que celui de Paris, et que l'on peut presque toujours comparer à l'un de ses étages, se représentent sur différentes parties de la France, de l'Angleterre, de l'Allemagne et même des parties septentrionales de l'Europe. L'Asie et l'Amérique septentrionale offrent aussi des formations analogues dont l'étude minutieuse doit jeter un grand jour sur quelques points encore très-obscurs des dépôts modernes. Nous ignorons si ces terrains de sédiment existent sur quelques points de l'hémisphère austral, et si les causes climatériques qui ont concouru à les modifier sous les divers parallèles ont eu la même influence sur l'autre moitié de la terre.

---

(1) Omalius d'Halloy, *Élémens de Géologie*, p. 140.

CHAPITRE TRENTE-SEPTIÈME.

DES TERRAINS DE TRANSPORT OU DES ALLUVIONS.

Lorsque les golfes ou les bassins dans lesquels se sont déposés les terrains tertiaires ont été comblés par ces divers sédimens, la terre présentait à peu près les caractères extérieurs qu'elle nous offre aujourd'hui. Nos grands continens étaient émergés; plusieurs chaînes de montagnes avaient été soulevées, et déjà de nombreux cours d'eau sillonnaient sa surface. Ce fut à cette époque que commencèrent les terrains de transport qui sont dus à des matières entraînées et déposées par des crues d'eau qui lavaient des surfaces, tandis que les terrains de sédiment paraissent avoir été formés par ces mêmes débris, reçus d'abord dans de grandes masses d'eau, au milieu desquelles les dépôts s'opéraient lentement et tranquillement selon les lois de la pesanteur. Tout dans le sol de sédiment annonce une opération paisible, tandis que le terrain de transport est évidemment le résultat d'une action plus ou moins violente, depuis la simple force d'un ruisseau jusqu'à la débâcle la plus tumultueuse.

Le travail d'érosion qui a produit les terrains d'alluvion, se continue de nos jours, et nous arrivons, par des nuances imperceptibles, des derniers dépôts de terrains

tertiaires aux alluvions modernes que déposent les eaux de nos rivières.

Quoiqu'il n'existe aucune transition brusque qui puisse nous permettre de séparer les alluvions en époques distinctes, nous observons cependant quelques différences qui peuvent nous autoriser à établir une division. Nous ne pouvons trouver ces caractères distinctifs dans la composition et la nature des roches, car ce sont des fragmens arrachés aux montagnes, et par conséquent provenant de formations antérieures. Mais nous remarquons dans le mode de création, des caractères assez différens pour établir deux groupes dans ce terrain. Le premier date d'une époque plus reculée. Il couvre de grands espaces, et présente parfois des blocs si volumineux que nos cours d'eau actuels ne pourraient parvenir à les charrier. Il semble que des eaux plus puissantes que celles qui existent maintenant, ont violemment transporté ces débris, et les ont entraînés à de grandes distances. Le second est l'effet long-temps continué de l'action actuelle des eaux; c'est le dépôt de ces nombreux galets que toutes les rivières transportent, que tous les ruisseaux arrachent aux montagnes, et qui chaque jour se déposent sur nos plaines ou se rassemblent à l'embouchure des fleuves.

ALLUVIONS ANCIENNES.

Ces alluvions, plus étendues que les autres, en diffèrent encore par leur position quelquefois bien plus élevée que nos cours d'eau actuels, et nullement en rapport avec leur volume. Nous les voyons couvrir des plaines immenses, qui maintenant sont à peine sillonnées par une faible rivière. Quelquefois même le volume croissant des blocs, leur disposition en série, l'état de leurs

angles, sont autant de caractères qui nous indiquent clairement leur origine, qui nous montrent leur marche, et nous laissent apercevoir qu'ils ont été charriés par un courant précisément opposé à celui qui traverse maintenant le lieu où ils reposent. Ce sont donc des causes tout-à-fait différentes de l'action érosive de nos cours d'eau qui ont formé ces anciennes alluvions, et ces causes, nous les avons étudiées en parlant des blocs erratiques qui sont les phénomènes les plus curieux de ce genre de terrain.

Ces alluvions sont composées de sable et de cailloux roulés en couches irrégulièrement stratifiées, ordinairement meubles, et quelquefois agglutinées par des cimens calcaires et ferrugineux.

On y trouve disséminés des minéraux qui ont été arrachés aux roches cristallisées qui ont été disgrégées par de longues et violentes actions d'érosion. L'or, le platine, l'iridium, l'osmium, l'étain, le diamant, le saphir, les spinelles et plusieurs autres pierres précieuses, se rencontrent dans ces alluvions qui furent assez puissantes pour détruire les roches qui les renfermaient, mais qui ne purent user les matières dures ou métalliques qui s'y trouvaient enfermées.

A cette même époque se rapportent les dépôts ossifères des cavernes, les brêches osseuses, une partie des fentes remplies par les minerais de fer pisiforme. Alors périrent les *mastodontes*, les *éléphans*, les *rhinocéros*, les *tapirs*, les *hyènes*, les *hyppopotames*, les *aurochs* et l'*ours des cavernes*, qui tous habitaient encore nos contrées maintenant refroidies. Alors se formèrent aussi les vastes alluvions sableuses de l'Afrique et de l'Asie; ces immenses déserts, dont le vent transporte maintenant les matériaux. Le soulèvement de grandes chaînes de montagnes, en vidant les lacs qui se trouvaient à leur

pied, ou en charriant avec violence les eaux de la mer, a dû contribuer à ce transport évidemment brusque et rapide, et à l'anéantissement de races animales qui venaient de se développer à la fin de la période tertiaire.

Des courans partiels et animés d'une faible vîtesse ne peuvent rendre raison de cette force de transport, et les grands pachydermes, conservés avec toutes leurs chairs dans les glaces de la Sibérie, annoncent également une destruction subite dans les lieux mêmes où ils sont enfouis, ou un transport rapide des lieux où l'on suppose qu'ils ont vécu.

ALLUVIONS MODERNES.

Nous n'avons rien à ajouter à ce que nous avons dit de ces terrains en parlant des forces agissantes à la surface du globe; nous avons étudié les dépôts riverains, les deltas lacustres et ceux des grands fleuves. Les causes qui concourent à la formation de ces terrains offrent bien plus d'intérêt que leurs effets.

C'est à la même époque qu'il faut rapporter aussi les dépôts de tourbe, la terre végétale ou l'humus, le travail des madrépores qui élèvent les îles calcaires, et peut-être aussi l'enfouissement des forêts sous-marines.

Les débris organiques, abondans sur quelques points, appartiennent tous à des espèces actuellement existantes, et l'homme, qui paraît être le dernier créé de tous les animaux, n'a laissé ses dépouilles que dans ces dépôts dont la date semble coïncider avec celle des premiers âges de son histoire.

DU TERRAIN TUFFACÉ.

Nous désignons sous ce nom, avec M. Omalius d'Halloy, une formation essentiellement moderne, puisqu'elle se produit encore de nos jours, mais qui remonte aussi à une époque très-ancienne; c'est le dépôt presque toujours calcaire, siliceux ou ferrugineux des eaux thermales. Il présente les caractères des calcaires les plus modernes et les plus anciens; il nous offre toutes les nuances possibles entre des roches dures et compactes, et des dépôts celluleux ou friables. Les débris qu'il renferme sont ceux des animaux actuels, et principalement des coquilles d'eau douce qui vivent aux environs des lieux où il se dépose. On y rencontre aussi des empreintes de végétaux et des ossemens humains.

Les roches de ces terrains ont en général un caractère concrétionné dû à la superposition lente et continue de la matière solide qui se dépose; mais si le dépôt s'opère dans un bassin, et que cette matière se divise d'abord dans l'eau, il se forme des couches tout-à-fait analogues à celles des terrains de sédiment. D'autres fois des matières sableuses où des graviers sont cimentés par l'eau calcarifère, et des grès de nature différente, à grain plus ou moins fin, semblent nous rappeler ces puissantes assises arénacées des terrains plus anciens.

Nous ne répèterons pas ce que nous avons dit de ces dépôts en parlant des eaux minérales. Nous ferons observer que ce terrain est produit par une action intérieure du globe, et que, sous ce rapport, il diffère entièrement des terrains de sédiment. Il lie en quelque sorte ceux-ci aux terrains d'épanchement que nous allons étudier, et tout doit nous faire supposer que cette émis-

sion de l'intérieur à l'extérieur du globe, dure depuis long-temps, et n'est plus qu'un indice de cette même action, autrefois plus puissante, qui a donné naissance aux vastes dépôts de calcaire et de silice.

CHAPITRE TRENTE-HUITIÈME.

DES TERRAINS D'ÉPANCHEMENT OU CRISTALLISÉS.

Pendant que de nombreux et puissans dépôts s'opéraient sur la croûte consolidée du globe, et s'ajoutaient aux terrains primaires, cette croûte, brisée en différens endroits, livrait passage à des matières qui s'échappaient de l'intérieur pour se répandre à la surface. Ces phénomènes se renouvelèrent pendant toute la série des terrains de sédiment et de transport, c'est-à-dire pendant une longue suite de siècles. Mais comme la croûte de la terre s'épaississait toujours, comme la surface d'action qui existe au point de contact de la partie oxidée ou extérieure du globe, avec la partie intacte ou intérieure, s'éloignait sans cesse en se rapprochant du centre de la terre, il a dû en résulter de fréquentes variations dans la nature des roches épanchées au dehors, et dans les circonstances qui ont accompagné les éruptions. C'est en effet ce qui a eu lieu.

Si les depôts de sédiment étaient continus et uniformes, c'est-à-dire, s'ils s'étaient tous étendus en une croûte mince et d'égale épaisseur, ils auraient enveloppé la terre de larges couches superposées, dont les plus récentes eussent été placées en dehors et les plus anciennes en dedans; mais on sait qu'ils sont au contraire assez limités, souvent interrompus, et que dans

un grand nombre de lieux il ne s'est rien déposé sur les terrains primaires. Si, en dessous de ces terrains, le refroidissement s'est opéré uniformément sur toute la terre, des couches diverses de roches solidifiées doivent se trouver au-dessous d'eux, disposées précisément dans l'ordre de leur refroidissement avec une épaisseur égale, et de telle manière que les plus modernes, c'est-à-dire les dernières solidifiées, seront les plus profondes et seront recouvertes par toutes les autres. Nous devons supposer que cette uniformité n'existe pas, et que le refroidissement ayant lieu d'une manière inégale, la solidification doit également s'opérer d'une manière irrégulière. Il en résulte que les roches épanchées, à des époques différentes, doivent varier de nature et s'éloigner de la composition des roches primitives, à mesure qu'elles s'en éloignent aussi par l'âge. C'est pourquoi nous voyons les laves qui sortent aujourd'hui de nos volcans, présenter des cratères très-différens de ceux des granites qui sont les premières roches épanchées, tandis que les laves sont les dernières.

Entre ces deux sortes de roches se trouvent les diverses variétés de porphyres, les basaltes et les trachytes, qui tous diffèrent entre eux, et qui tous sont sortis à des époques distinctes.

Cette série de granite, porphyre, trachyte, basalte et lave, disposée dans l'ordre d'ancienneté, correspond généralement à diverses époques de la série de sédiment et de transport; mais il n'y a cependant rien de bien fixe à cet égard, et l'on voit quelquefois les plus anciennes de ces roches reparaître à plusieurs reprises avec les mêmes caractères ou avec des différences peu tranchées. Nous ne pouvons pourtant déterminer leur âge d'une manière précise, car nous savons que l'augmentation de température, en descendant dans

l'intérieur du sol, offre de grandes variations, et peut-être la solidification de telles ou telles roches est-elle moins avancée dans telle partie de la terre que dans d'autres. Il peut se faire, par exemple, que les porphyres de l'Amérique se soient fait jour à la même époque que les trachytes, ou du moins long-temps après la sortie des porphyres européens : l'inverse peut également avoir eu lieu. La sortie de l'une ou de l'autre de ces roches n'indique pas l'addition d'une couche de même nature dans l'intérieur du globe, mais elle nous annonce la solidification de la roche précédente. Ainsi, quand les porphyres cessèrent de se montrer et furent remplacés par les trachytes, c'est que les premiers venaient de se solidifier, puisqu'on ne les voyait plus reparaître.

Si maintenant nous comparons les caractères des roches de sédiment et des roches d'épanchement à ceux des roches primaires, nous trouverons de grandes ressemblances entre ces roches et celles qui appartenant aux deux séries ascendante et descendante les touchent immédiatement, en sorte qu'il n'y a réellement de véritable discontinuité de composition et de caractères que dans les parties supérieures de la série, où les roches d'épanchement, qui arrivent des points les plus profonds, se trouvent en contact avec les dépôts de sédiment les plus modernes. Tout le reste n'est que passage et transition, et si, arrivé à la base du terrain de sédiment, on perçait les terrains primaires qui le supportent, il est probable que l'on verrait ceux-ci passer aux granites, ces derniers prendre peu à peu les caractères des porphyres auxquels succéderaient les trachytes, puis les basaltes et les laves. Nous retrouvons, en effet, tous ces passages dans les massifs épanchés sur la terre, et intercalés dans les divers groupes des terrains de sédiment que nous venons d'étudier.

Il y a eu aussi de grandes différences dans le mode d'émission de ces matières fondues. Quand la terre, à peine refroidie, venait de produire les terrains primaires, sa croûte, encore mince, était à chaque instant soulevée ou percée sans beaucoup d'effort par les roches granitiques qui s'épanchaient au-dessus d'elle, et formaient des amas plus ou moins étendus. Plus tard, les porphyres, quoique éprouvant une plus forte résistance, se firent jour à travers de puissantes assises de sédiment, ou bien suivirent les fissures déjà ouvertes par la sortie des granites; ils vinrent s'entremêler au milieu de ces roches, formant tantôt des massifs considérables, tantôt des filons d'épaisseur variée qui traversaient les terrains préexistans. Ils eur .t, selon toute apparence, une grande force soulevante, et leur sortie dérangea la stratification de plusieurs contrées, et fut peut-être la cause première du soulèvement de vastes chaînes de montagnes.

Les trachytes, qui leur succédèrent, s'élevèrent en dômes quelquefois immenses, où sortant par des fentes, s'épanchèrent en larges nappes sur des terrains divers. D'autres fentes ont produit les basaltes, qui presque tous ont coulé; puis enfin les laves modernes, s'élevant avec peine jusqu'au sommet de leurs cratères, ont terminé la série des éruptions et des roches épanchées.

Nous allons étudier chacun de ces groupes, en commençant par les plus modernes.

GROUPE LAVIQUE.

Nous n'avons presque rien à dire sur un groupe dont nous avons étudié les caractères avec détails en parlant des volcans et de leurs effets.

Les volcans modernes sont disposés par chaînes ou

par groupes formés de plusieurs montagnes de scories, de cendres et de pouzzolane. C'est de ces cônes de matières incohérentes que sortent les coulées de lave qui couvrent quelquefois, comme en Islande, de très-vastes espaces. Ces laves sont tantôt pyroxéniques comme les vrais basaltes, tantôt feldspathiques comme les trachytes et les phonolites; d'autres fois elles sont caractérisées par la présence de l'amphigène. Ces laves, désignées sous les noms de téphrine, leucostine, basalte, obsidienne, composent tous les terrains laviques avec les matières incohérentes que nous avons désignées. On peut y ajouter quelques conglomérats produits par l'action des eaux sur ces diverses matières, d'où résultent différentes variétés de roches désignées sous le nom de *pépérine*. On trouve dans ce groupe une foule de minéraux sublimés.

Le terrain lavique est superposé à tous les terrains de sédiment, même aux supérieurs et aux alluvions anciennes. C'est une formation toute récente, parallèle aux travertins déposés par les eaux minérales.

On partage ordinairement ce groupe en deux étages qui se confondent : les volcans contemporains ou encore en activité et les volcans éteints. L'Etna, le Vésuve, Ténériffe, sont des exemples des premiers; on observe les seconds en Auvergne, dans l'Eifel sur les bords du Rhin, en Catalogne, etc.

GROUPE BASALTIQUE.

Le *basalte* est la roche principale de ce groupe. Il est composé de feldspath et de pyroxène en excès. Quelquefois ces deux substances sont séparées en petits cristaux qui donnent à la pâte une structure cristalline; la roche, dont les élémens deviennent ainsi visi-

bles, prend le nom de *dolérite*. D'autres fois le basalte prend un aspect terreux, une couleur grisâtre ou jaunâtre; il perd sa dureté et constitue la *wake*. Enfin, la pâte des basaltes contient divers minéraux, dont les plus communs sont le pyroxène augite, le carbonate de chaux, la mésotype et quelques autres zéolithes, et surtout le péridot qui est très-commun et caractéristique.

Le basalte se présente en couches, en dykes ou amas, et en filons.

Les couches ont souvent une grande étendue et une certaine épaisseur; elles couvrent de vastes terrains de nature différente, et sont remarquables par les surfaces planes qu'elles présentent, tandis que les laves modernes sont toutes raboteuses et hérissées d'aspérités.

Les dykes ou filons forment presque toujours le sommet des montagnes, ou des masses isolées coniques, qui se sont accumulées sur leur point d'éruption, ou qui se sont moulées dans de larges fentes dont les parois ont ensuite été entraînées.

Les filons sont des fentes généralement étroites, injectées par en bas, et dont les affleuremens forment souvent des saillies considérables au-dessus du sol.

Il arrive quelquefois que ces divers modes d'éruption des basaltes, surtout les deux premiers, sont accompagnés de matières scorifiées analogues à celles des volcans modernes.

Un des principaux caractères des basaltes, dont nous nous sommes déjà occupé en parlant des phénomènes de refroidissement, est la structure prismatique de cette roche. Elle se reproduit non-seulement dans les coulées et dans les dykes, mais aussi dans les filons, qui sont quelquefois composés de petits prismes couchés les uns sur les autres. D'autres fois les basaltes présentent

la structure tabulaire ou globulaire. Les laves modernes offrent aussi, quoique rarement, les mêmes caractères quand elles ont pu se refroidir lentement, en masses considérables et sur des plans non inclinés. Les émissions de basalte sont presque toujours accompagnées de roches meubles ou terreuses contenant des fragmens de véritable basalte, et situées entre cette matière et le terrain qu'elle a traversé pour s'épancher. On les désigne sous les noms de *wake*, de *pépérite*, de *wakite*, etc.

D'un autre côté, le basalte passe par nuances aux laves pyroxéniques et aux trachytes noirs avec pyroxène. Il semble aussi, dans quelques circonstances, prendre les caractères des spilites ou roches à base d'amphibole.

En venant au jour à une époque où tous les terrains de sédiment étaient déjà déposés, il les a nécessairement traversés, en sorte qu'on le rencontre dans tous les terrains au milieu desquels il s'est insinué en couches, en filons ou en dykes, ne dérangeant quelquefois que très-peu leur stratification et altérant plus ou moins les roches qui se trouvaient en contact avec lui.

L'éruption du basalte n'a pas été simultanée, et l'on peut distinguer assez facilement dans chaque contrée plusieurs apparitions successives de la même roche, mais dont il serait très-difficile de calculer les intervalles de reproduction. La direction des courans et leur degré d'altération sont les caractères que l'on peut consulter pour cela avec le plus de succès.

Beaucoup de basaltes étant antérieurs aux grands mouvemens de transport qui ont eu lieu après la période tertiaire, on en voit qui sont tout-à-fait dégradés. Après avoir coulé dans des vallées, après s'être épanchés en larges nappes dans les lieux les plus bas, les parois contre lesquelles ils s'étaient moulés ont été en-

levées, surtout quand elles étaient composées de terrains meubles et peu cohérens, et le basalte, qui occupait alors le point le plus bas, a protégé le sol qu'il recouvrait, et s'est trouvé ainsi former des plateaux escarpés. L'érosion a été telle dans quelques localités, que les basaltes eux-mêmes ont été atteints, et leurs longues coulées, séparées par de petites vallées d'érosion, n'offrent plus que des massifs détachés, mais se raccordant par leur situation et leur niveau avec ceux qui les précèdent ou ceux qui les suivent.

Le groupe basaltique est très-développé en Ecosse, en Irlande, dans les Hébrides, dans l'Auvergne et le Vivarais. On le retrouve aussi dans la Hongrie et dans l'Amérique; mais dans ces contrées, le dévelopement des trachytes semble avoir arrêté celui des basaltes, ou du moins les avoir rejetés à une certaine distance.

GROUPE TRACHYTIQUE.

On a souvent discuté l'âge relatif des trachytes. Quelques géologues les considèrent comme postérieurs aux basaltes, et M. de Buch admet que souvent des dômes de trachyte ont percé, pour se faire jour, des nappes de basalte préexistantes. Peut-être, en effet, existe-t-il des trachytes qui sont postérieurs au basalte, mais en général cette roche s'est montrée avant la précédente. Du reste, elle se lie si bien d'un côté aux basaltes à cristaux de pyroxène et de feldspath, et de l'autre aux porphyres dont il est si difficile de le distinguer, que sa place doit nécessairement se trouver entre ces deux roches, tandis que le basalte ne peut être séparé des véritables laves.

D'un autre côté, le groupe trachytique a des rapports bien marqués avec les volcans modernes. Les laves

de ces derniers, quand elles sont feldspathiques, se rapprochent jusqu'à un certain point des trachytes et des phonolites; les scories sont quelquefois des fragmens de la même roche simplement altérée. Enfin, l'on sait que la plupart et peut-être tous les volcans modernes ne sont que des cônes trachytiques ouverts à leurs extrêmités et couverts d'un manteau de déjections.

Les roches de ce groupe sont le *trachyte*, le *phonolite*, l'*obsidienne*, la *ponce* et les *conglomérats trachytiques*.

Le *trachyte* est une roche feldspathique qui enveloppe des cristaux de feldspath, mais qui contient accidentellement du pyroxène, du mica, de l'amphibole, rarement du quarz et plus rarement encore du péridot. Il est rude au toucher, fusible au chalumeau, et présente ensuite une foule de caractères différens dus à la texture de la pâte, à sa couleur, à sa dureté, au nombre, à la forme, à la teinte des cristaux, etc.

Le trachyte forme des coulées étendues comme le basalte, des dykes et des filons; il offre les mêmes caractères de situation et souvent les mêmes divisions prismatiques ou tabulaires, excepté celle en boule, qui est beaucoup plus rare. Cependant ce terrain est moins disséminé que la formation basaltique. Il forme à lui seul des massifs composés de montagnes côniques ou déchirées, ou des cônes alignés et d'une prodigieuse élévation, comme le Chimborazzo et plusieurs autres montagnes de la chaîne des Andes. Ainsi, tandis que les basaltes cherchent à s'étendre sur un grand espace ou à se disséminer partout, les trachytes, au contraire, se groupent et se réunissent.

L'*obsidienne* peut accompagner les trachytes; mais elle y est toujours en petite quantité. Il n'en est pas de même des *phonolites*, qui semblent n'être autre chose

que des trachytes mieux fondus et sans structure porphyroïde. On voit ces roches se développer peu à peu, comme subordonnées à la précédente, puis occuper seules de grands espaces.

Les *ponces* abondent aussi dans certains terrains trachytiques, et on les trouve toujours libres, mais entassées les unes sur les autres comme les grêlons quand ils se tassent sur le sol. La présence des ponces, et surtout celle de puissans conglomérats, annoncent de grandes éruptions pulvérulentes analogues à celles des volcans modernes, tandis que les basaltes n'ont jamais rien offert de semblable. Les ponces n'ont pas ordinairement été réunies par les eaux, mais il n'en est pas de même des conglomérats ponceux. Ceux-ci sont formés de couches blanches, de fragmens de ponces et de trachytes, quelquefois même de débris d'autres roches que les eaux y ont charriés. Toutes ces matières forment, au pied ou sur le flanc des montagnes trachytiques, des amas irréguliers, parfois très-étendus, et entourent les pics ou les dômes jusqu'à une grande élévation. Des filons traversent les conglomérats qu'ils ont en partie fondus. On y rencontre, quoique rarement, des lits de lignites et des empreintes de feuilles dycotylédones. On y trouve aussi des opales comme en Hongrie, des mines d'or et d'argent, qu'il faut peut-être rapporter à des terrains de porphyre altéré.

Enfin, les domites, qui forment çà et là quelques montagnes isolées, comme en Auvergne et aux monts Euganéens, sont encore une modification des trachytes.

La position géologique de la formation trachytique n'est pas encore bien déterminée. On s'accorde pourtant généralement à la considérer comme immédiatement superposée aux terrains de sédiment supérieurs, et l'on peut, pour ainsi dire, lui appliquer tout ce que

nous avons dit de la position du basalte. Comme ce dernier, le trachyte a été injecté dans des roches toutes formées; il a formé des plateaux, des pics et des filons qui doivent peu s'éloigner de l'époque de l'apparition des basaltes, mais qui lui sont généralement antérieurs. Quelques géologues regardent même cette formation comme contemporaine des derniers dépôts de sédiment moyens, comme ayant commencé de paraître à l'époque de la craie; mais cette manière de voir exige encore quelques vérifications très-exactes.

La formation trachytique existe très-développée dans les Andes et en Hongrie. On la retrouve au Cantal, au mont Dore, au Mézin, qui est principalement phonolitique, au puy de Dôme, dans les monts Euganéens, aux Sept-Montagnes, sur les bords du Rhin, etc.

GROUPE PORPHYRIQUE.

Des roches nombreuses et extrêmement variées ayant toujours le feldspath pour base, passant à la fois au granite, au basalte et au trachyte, composent le groupe porphyrique, qui est très-répandu, qui a traversé presque tous les terrains, et qui s'est souvent intercalé entre leurs couches.

La plupart des roches que l'on désigne sous cette dénomination ont réellement la structure du porphyre, c'est-à-dire qu'elles offrent une pâte compacte et diversement colorée, contenant un nombre plus ou moins grand de cristaux, de feldspath, de quarz ou de pyroxène.

Tantôt ces roches se sont épanchées en larges nappes ou en volumineux amas, à la manière des basaltes; d'autres fois elles sont sorties comme des filons qui ont tra-

versé un grand nombre de terrains avec lesquels ils ont de fréquentes relations.

Il est probable que l'émission des roches porphyriques s'est continuée très-long-temps; car on rencontre les porphyres associés à des roches de tous les âges, s'interposant comme de véritables couches dans les terrains de sédiment, ou suivant les joints de la stratification. On les voit se mélanger aux granites, se confondre avec les basaltes, s'unir aux terrains primaires et offrir des passages presque insensibles avec des roches arénacées, telles que les grès et les arkoses surtout qui lui sont presque toujours associés. L'action des porphyres sur les roches avec lesquelles ils se trouvent en contact est toujours des plus remarquables. Les grès sont attaqués et tellement confondus avec la roche ignée, que l'on a cru quelquefois qu'ils devaient leur origine à des porphyres altérés, tandis que d'autres géologues n'ont vu dans le porphyre que des grès fondus et modifiés par une chaleur intense.

Quelques régions du groupe porphyrique sont très-riches en gîtes métallifères; aussi, une partie des mines d'or et d'argent de l'Amérique se trouvent dans ces roches, et peut-être aussi doit-on leur rapporter quelques-uns des gîtes métallifères de la Hongrie. Si ces métaux ne sont pas dans le porphyre, ils sont dans une roche trachytique qui en présente les caractères et qui forme le passage entre ces deux groupes.

Il est bien difficile de séparer minéralogiquement les différentes roches du groupe porphyrique, et la difficulté serait plus grande encore pour y établir des coupes géologiques. Nous adopterons celles qui ont été proposées par M. Omalius d'Halloy, comme étant les plus naturelles. Ce savant partage ce groupe en trois sections.

1° Porphyre rouge ou quarzifère; 2° porphyre vert

ou serpentineux; 3° porphyre noir ou pyroxénique. « Mais il faut éviter, dit-il, de donner à ces noms un sens trop rigoureux; car on conçoit qu'ils indiquent des propriétés trop accidentelles pour qu'elles soient exclusives, d'autant plus, pour ce qui concerne la couleur, que la nature a une grande tendance à présenter l'association des couleurs verte et rouge, ce qui provient probablement de ce que ces deux couleurs résultent également des combinaisons du fer. Aussi, est-il rare de voir des roches vertes sans qu'elles ne contiennent des parties rouges ou sans qu'il n'y ait des roches rouges dans leur voisinage. Il en est de même des roches rouges par rapport aux parties vertes. D'un autre côté, la couleur noire n'est souvent qu'un vert foncé. C'est notamment ce que l'on voit dans les roches amphiboliques. On ne doit donc voir dans ces dénominations qu'une indication propre à rappeler que le rouge, le vert et le noir sont les couleurs les plus fréquentes dans chacun de ces systèmes; qu'en outre, le premier contient souvent des grains de quarz; que le second est principalement formé de serpentine, et que le troisième renferme souvent du pyroxène; mais outre que ces caractères ne doivent pas être pris exclusivement, on ne peut assurer que la division qui en résulte annonce réellement des distinctions géologiques (1). »

Porphyres noirs.

Les roches noires que l'on peut rapporter à ce groupe sont principalement les *trapp*, les *mélaphyres*, auxquels on pourrait ajouter les *spilites*, certaines *amygdaloïdes* et plusieurs autres roches.

---

(1) Omalius, *Élémens de Géologie*, p. 354.

Les trapp, dont la composition n'est ni bien connue ni bien constante, sont des roches à texture terreuse ou compacte, noirâtres ou verdâtres, et fusibles en émail noir. Ils contiennent sans doute de l'amphibole et du feldspath, quelquefois du pyroxène, qui les rapprochent des véritables basaltes avec lesquels ils ont d'ailleurs beaucoup d'analogie.

Les trapp se rencontrent en larges nappes ou en dykes, comme les basaltes; ils forment aussi des filons et constituent une formation très-développée dans certains pays et notamment en Ecosse et dans le nord de l'Angleterre. Ces roches offrent aussi des passages à la dolérite et aux amygdaloïdes, et sont souvent accompagnées de roches terreuses, comme les wakes et les argilolites.

Les *mélaphyres* constituent, selon M. de Buch, une des roches les plus importantes du groupe des porphyres. Ils sont souvent associés aux porphyres rouges, et ont contribué comme eux à amener de grandes perturbations dans le groupe du grès rouge. Le type du mélaphyre, ou porphyre pyroxénique, existe dans la vallée de Fassa, en Tyrol, qui a été si bien décrite par M. de Buch. Ce sont eux qui, selon toute apparence, ont amené la magnésie dans les calcaires et ont produit ces phénomènes de dolomisation que nous avons décrits plus haut. Ce sont des roches massives contenant plus de cristaux de feldspath que de pyroxène, et manquant de quartz et de péridot.

Porphyres verts.

Les roches porphyriques vertes sont peut-être plus modernes que les noires. Elles consistent principalement en *ophite*, en *serpentine* et en *euphotide*, roches à base

de feldspath ou d'amphibole et en même temps magnésifères.

Les ophites, qui ont été soigneusement étudiés dans les Pyrénées par M. Dufresnoy, constituent des monticules arrondis généralement situés dans les vallées. Ce sont probablement les porphyres les plus modernes. Il semble que ces ophites soient sortis à l'état pâteux par de larges fentes. M. Dufresnoy pense que cette roche forme le fond du sol dans les Pyrénées occidentales, où elle se présente très-fréquemment, et qu'elle se trouve à une petite profondeur. Ce savant considère les masses de sel gemme et les amas de gypse de cette contrée comme une conséquence de l'apparition de ces porphyres. Ils ont, du reste, produit diverses altérations dans les calcaires qui sont caverneux, cariés, en partie cristallins et en partie dolomisés.

Dans les Alpes, ce sont les serpentines qui tiennent la place qu'occupent les ophites dans les Pyrénées, et on les voit passer à l'*euphotide*, aux *variolites* ou *roches talqueuses*. Tantôt elles se rapprochent des *gneiss* et des *granites*; d'autres fois elles admettent peu à peu du feldspath et passent à quelques variétés d'*eurite*. On a cru observer aussi des rapports de gisement entre ces roches serpentineuses des Alpes et les ophites des Pyrénées. Ces deux espèces de roches contiennent des pyrites et du fer oxidulé, et peut-être les gypses et le sel gemme de Bex et d'autres localités des Alpes ne sont-ils dans le groupe jurassique qu'une altération analogue à celle qu'ont fait éprouver à la craie des Pyrénées les ophites qui se sont fait jour à travers.

Porphyres rouges.

Ceux-ci sont les plus anciens et les plus fréquens; ils

ont traversé presque tous les terrains inférieurs au grès bigarré, et se sont confondus avec eux.

Ils consistent en masses plus ou moins puissantes ou en filons, composés de roches à pâte feldspathique, rougeâtre, contenant du quarz ou du feldspath. Ces roches passent fréquemment au granite, à l'eurite, à la syénite, au spilite et à la variolite. Des trois étages du groupe porphyrique, c'est le plus étendu et le plus fréquent. Il se lie d'une manière toute particulière au grès rouge et aux arkoses; il se confond même avec les terrains primaires, mais moins intimement que les porphyres verts et surtout les serpentines.

On trouve souvent les porphyres rouges dans le terrain houiller, mais il se lie moins à ce terrain qu'à celui qui le recouvre.

C'est probablement à cette division qu'il faut rapporter les porphyres des Cordillères, qui s'étendent, selon M. de Humboldt, sur une longueur de 2,500 lieues. Ce sont eux qui contiennent presque toutes les richesses métalliques du Nouveau-Monde. Ils s'associent aux trachytes, qui forment dans cette chaîne les dômes les plus élevés.

En voyant cette variété d'émissions porphyriques, les roches nombreuses dont elles sont composées et leurs fréquens passages, on reconnaît facilement que plusieurs formations spéciales sont confondues sous cette dénomination de groupe porphyrique. Elles comprennent toute la période placée entre les granites et les trachytes, période immense que des connaissances ultérieures permettront de subdiviser, en rapportant à l'âge mieux connu des terrains de sédiment les formations d'épanchement qui leur correspondent.

GROUPE GRANITIQUE.

La roche dominante de ce groupe est le granite, dont la structure, formée par l'assemblage de divers cristaux, est devenue le type de la structure granitoïde. Cette roche est composée de trois élémens ou de trois espèces minérales, le *feldspath*, le *quarz* et le *mica*. Ces matières sont toujours cristallisées, de formation contemporaine; elles se pénètrent mutuellement, mais leurs proportions varient quelquefois dans le même fragment.

Sous le rapport minéralogique, on voit aussi le granite changer de nature ou de texture et offrir par conséquent un nombre infini de variétés. Si le mica est remplacé par du talc, de la stéatite ou de la chlorite, il prend le nom de *protogyne*; si c'est par de l'amphibole, c'est de la *siénite*; ou du *pegmatite* s'il manque tout-à-fait; du *kaolin* si le pegmatite est altéré. Si le feldspath prend la texture grenue, la roche prend le nom de *leptynite*, et en changeant de texture, en admettant quelques autres minéraux, on trouve des passages aux porphyres, aux diorites, aux ophites, etc.; mais une des transitions les plus remarquables de cette roche est celle par laquelle elle passe insensiblement aux roches arénacées et principalement aux arkoses.

Le granite est la plus ancienne des roches d'épanchement; il est même très-probable qu'elle fait partie des roches primitives, et que les premiers granites se sont formés en même temps que les gneiss et les micaschistes. A peine la croûte extérieure du globe a-t-elle été solidifiée, que d'abondantes émissions eurent lieu à travers ses fentes, et ce fut alors que les granites commencèrent à s'épancher, en se liant intimement aux roches sédimenteuses qui se déposaient en même temps.

Aussi, depuis la consolidation des premières roches originaires, les granites se sont épanchés et se sont confondus avec elles.

A cette époque, l'épanchement s'opérait tranquillement, et l'éruption ne donnait lieu, pour ainsi dire, à aucune secousse; mais peu à peu les sédimens augmentèrent l'épaisseur de la croûte solide de la terre, et de nombreuses fractures y laissèrent des fentes dans lesquelles le granite s'injecta et se solidifia sous forme de filons.

Les éruptions granitiques durèrent très-long-temps, comme celles des porphyres, et l'on vit à plusieurs reprises cette roche venir s'épancher sur des terrains modernes comparativement à ceux qui, les premiers, lui livrèrent passage.

M. de Buch fut le premier qui signala, près de Christiana, en Norwège, des granites qui reposaient de la manière la plus évidente sur des terrains de sédiment. Depuis lors, le même géologue et M. de Humboldt trouvèrent dans la vallée de Fiemme, en Tyrol, des masses de granite et de siénite enfermées aussi dans des terrains de sédiment, et qui semblent déborder du grès rouge dans le calcaire qui lui est superposé. Les granites des Pyrénées sont intercalés dans des couches calcaires, où ils ont certainement été introduits postérieurement à leur formation, puisque l'on y remarque une partie des altérations que nous avons signalées en parlant des actions de contact.

Enfin, il y a seulement quelques années, M. de Beaumont a reçonnu, dans l'Oisans, des granites superposés aux groupes jurassique et crétacé. Les observations qu'il a faites sur l'altération des roches au point de contact, ne peuvent laisser aucun doute sur cette superposition, ni sur la température élevée que possé-

daient encore ces roches quand elles se sont épanchées.

On voit qu'à des époques différentes et très-éloignées, les granites, comme les porphyres, sont sortis de la terre pour s'épancher au dehors, et ont altéré plus ou moins les roches qu'ils ont traversées.

Un grand nombre de substances minérales sont disséminées dans les granites; mais les métaux y sont tous assez rares. On n'y rencontre que l'étain, l'urane, le titane, le fer arsénical, le wolfram, le molybdène, rarement l'or et les pyrites, encore ces métaux y sont disséminés et probablement contemporains de la roche qui les renferme. C'est, du reste, un caractère commun à toutes les roches ignées, à l'exception de quelques porphyres, de ne pas contenir de filons, mais d'avoir, en quelque sorte, préparé la voie par leur éruption et d'avoir appelé dans leur voisinage divers dépôts métallifères.

Les premiers épanchemens granitiques nous ramènent à l'époque où se formèrent les terrains primitifs, horizon dont nous étions partis, en nous éloignant successivement par les terrains de sédiment, et où nous voici revenus en nous rapprochant graduellement par les roches d'épanchement. On voit que l'on pourrait présenter ces différens groupes comme un cercle non interrompu composé de formations diverses, passant successivement de l'une à l'autre, et présentant, en outre de nombreux rapports avec celles qui ne les touchent pas immédiatement.

CHAPITRE TRENTE-NEUVIÈME.

CONSIDÉRATIONS SUR LA VIE ORGANIQUE,

SUR

SON DÉVELOPPEMENT ET SUR LA DISTRIBUTION DES VÉGÉTAUX ET ANIMAUX; RÉSUMÉ DES PRINCIPALES NOTIONS ÉMISES DANS LES CHAPITRES PRÉCÉDENS.

La nécessité de lier et de réunir en un seul faisceau les principaux faits relatifs à la théorie de la terre, a dû se faire sentir déjà plusieurs fois. L'esprit cherche toujours à rattacher les notions qu'il acquiert, à les comparer, et la mémoire, qui soutient le vaste édifice de nos connaissances, conserve alors des rapprochemens et des aperçus qui lui eussent échappé sans le lien qui les attache. C'est pour cette raison que nous avons réuni en un seul chapitre, ces considérations sur la vie organique, et que nous avons essayé de comparer les différens âges de la terre aux époques correspondantes de l'apparition des êtres vivans qui ont peuplé sa surface. C'est donc une étude chronologique que nous allons entreprendre, en cherchant notre point de départ, avant la création des plantes et des animaux.

Dieu seul connaît l'origine des mondes et de leurs mouvemens séculaires, et nous ignorerons toujours le mode de leur formation primitive. Que notre système planétaire soit dû à la condensation de l'atmosphère so-

laire; que le soleil lui-même soit un des centres d'attraction établi par la Divinité dans une immense nébuleuse; que toute autre cause enfin ait donné naissance à notre imperceptible planète, malgré son peu d'importance quand on la compare à l'univers, la terre existe, et a présenté depuis sa création de continuels changemens.

Son premier caractère est sa forme sphéroïdale et son aplatissement sur les pôles, qui coïncide si parfaitement avec la figure indiquée par le calcul, soit qu'on le base sur les lois de l'hydrostatique, ou sur l'action des perturbations lunaires. Cette forme, que des mesures directes ont confirmée, prouve de la manière la plus évidente que la terre n'a pas toujours été solide, et que la fluidité a été son état primitif.

Toutes les observations nous autorisent à croire que cet état liquide que l'eau ou le feu ont pu seuls produire, était dû à cette dernière cause, et qu'une chaleur des plus intenses, maintenant masquée par une croûte refroidie, existe encore à une petite distance de la surface. Examinons alors les premiers effets de son refroidissement.

Dans son état actuel, le globe est entouré en partie de liquide, en totalité de fluides aériformes. L'eau forme à sa surface une couche interrompue par les îles et les continens, l'atmosphère une enveloppe entière, s'appuyant à la fois sur la terre et sur l'eau. Dans son état primitif, l'incandescence d'une masse aussi considérable a dû reléguer dans son atmosphère, non-seulement tous les liquides qui séjournent maintenant à sa surface, mais tous les corps susceptibles de se réduire en vapeur sous une certaine pression et sous une forte chaleur. Tel a dû être l'état originaire du globe, une masse fondue par la chaleur et enveloppée d'une immense

atmosphère, qu'une température excessive empêchait de se condenser ou de se combiner avec la masse terrestre.

Un corps aussi chaud, parcourant, dans ses révolutions autour du soleil, des régions de l'espace dont la température est de — 50 à — 60 degrés, dut bientôt rayonner, et la chaleur, qui cherche toujours à se mettre en équilibre, s'élançait en nombreux et continuels rayons de la terre fondue dans l'espace glacé. Le refroidissement fut rapide, et l'air, composé d'azote, d'oxigène et de vapeur d'eau, contenant probablement beaucoup d'autres matières en plus faible proportion, put agir sur la masse du globe. Il s'opéra sans doute une vive incandescence due à la combinaison de l'oxigène avec des métaux natifs et très-oxidables, et tout doit nous faire penser que l'azote devint de plus en plus abondant à mesure que l'oxigène entrait dans de nouvelles combinaisons. Nous devons donc supposer que la composition de l'atmosphère était différente de celle d'aujourd'hui, que l'oxigène était dominant, et que l'acide carbonique n'existait pas. Il est facile de se représenter l'intensité d'action chimique que pouvait exercer cette grande quantité d'oxigène sur une masse métallique d'une si grande étendue. Cette action fut prompte, et la croûte oxidée qui en résulta, s'opposant à une libre communication de la chaleur du dedans au dehors, permit l'apparition de nouveaux phénomènes. L'attraction planétaire, qui agissait à la fois sur l'atmosphère et sur le globe en fusion, occasionnait des marées terrestres et aériennes. La croûte solidifiée resta longtemps flexible; elle fut souvent brisée par les grandes marées ou par l'attraction réunie du soleil et de la lune. La vapeur d'eau, qui jusque-là était restée mélangée aux gaz qui composaient l'atmosphère, se précipita peu à peu

sur le sol, dont un refroidissement inégal ou des mouvemens intérieurs avaient déjà détruit l'horizontalité primitive. Les premiers bassins offraient une ébullition continuelle, et si l'on fait attention que l'atmosphère était alors plus étendue qu'aujourd'hui, on verra que la vapeur d'eau se produisait à une température qui dépassait de beaucoup 100 degrés. Dès-lors commença une nouvelle action à la fois chimique et mécanique; ce fut l'absorption de l'eau par les couches solidifiées, absorption qui doit se continuer encore de nos jours, et s'opérer comme celle de l'oxigène, par cémentation lente, et insensible pour nous qui n'habitons la terre que quelques instans.

L'eau atmosphérique, répandue avec profusion et continuité sur une terre encore très-chaude et sur des roches qui étaient à peine solidifiées, se chargea de nombreux oxides, et particulièrement de potasse et de soude; car le *potassium* et le *sodium* appartiennent aux métaux les plus légers, et ils devaient alors occuper la partie supérieure de la masse fondue qui s'oxidait. La présence de ces oxides combinés à la silice qui se formait aussi en abondance, leur fréquence dans une foule de substances minérales, et l'absence totale du carbone libre ou combiné dans les premières roches qui furent créées, nous font présumer avec beaucoup de vraisemblance que l'acide carbonique n'existait pas encore, et que ces alcalis se trouvaient dans les eaux à l'état caustique. Nul doute que cette lessive bouillante n'ait eu une action très-puissante sur la croûte extérieure du globe, et qu'elle n'ait beaucoup contribué à former ces roches presqu'entièrement composées de silicates et notamment de feldspath, à base de soude ou de potasse, qui constituent la majeure partie des terrains auxquels on donne le titre de *primaires* ou *originaires*.

A cette époque commença l'action des deux forces que nous avons étudiées, celles qui agissent à l'extérieur et celles qui occasionnent les phénomènes intérieurs. L'action des premières eaux et de la chaleur centrale qui les rendait toutes thermales, a formé les roches primaires, à structure feuilletée par la disposition des paillettes de mica, ou contournées et plissées par les marées terrestres ou les premiers soulèvemens de la mince écorce de la terre.

Les plus anciennes de ces roches, dures et cristallines, annoncent plutôt l'action du feu que celle de l'eau, tandis que les plus récentes, plus tendres et moins cristallisées, montrent déjà les indices d'une moindre chaleur et d'un liquide plus abondant.

Les gneiss, les micaschistes et les schistes argileux composent cette série de roches primitives qui furent souvent fracturées, et au milieu desquelles vinrent s'injecter des granites, des diorites, des roches talqueuses ou serpentineuses, qui se confondirent avec elles, se pénétrèrent mutuellement ou s'épanchèrent par-dessus. Pendant leur refroidissement, quelques élémens se réunirent, des substances pierreuses ou métalliques restèrent disséminées au milieu de leur pâte cristalline.

L'absence de toute espèce de débris d'êtres vivans dans ces terrains primaires, ou du moins dans les plus anciens, la température élevée qui devait régner à cette époque, et qui probablement était assez forte pour détruire les tissus organiques, sont deux raisons qui doivent nous indiquer que la vie n'a paru sur la terre qu'à la fin de cette période géologique.

Là commence pour nous un des grands mystères de la nature : comment se sont développés ces êtres nombreux qui ont ensuite parcouru toutes les phases de

l'organisation ? les créations, d'abord très-simples, se sont-elles successivement compliquées ? toutes les races ont-elles paru à la fois ? et quelles ont été enfin les circonstances qui ont accompagné l'apparition de tous ces êtres vivans, de forme et d'aspect si différens ? A toutes ces questions, nous ne pouvons qu'opposer la toute-puissance de Dieu et admirer la multitude et la perfection des moyens d'existence qu'il a donnés à tous les êtres.

Nos observations nous permettent cependant de remarquer que les êtres organiques se sont succédés lentement à travers de petites actions locales qui ont pu les détruire en partie, mais qui vraisemblablement n'ont pas anéanti leur race, ou du moins ne l'ont détruite que si déjà elle était sur le point de disparaître. Il y a dans la série des êtres, comme dans celles des roches qui contiennent leurs débris, une graduation de passages qui sont rarement interrompus, et la plupart des lois que les zoologues et les botanistes ont cru reconnaître dans l'apparition successive des corps organisés, sont sujettes à plusieurs exceptions et peuvent d'ailleurs être anéanties par une seule découverte bien constatée. Nous avons encore si peu de données sur les fossiles, des localités si restreintes ont été étudiées, il nous manque tant de documens sur des contrées éloignées dont nous ne connaissons pas seulement les êtres vivans, qu'il faut se tenir constamment en garde contre les généralisations qui tendent à soutenir un système. Il ne faut considérer les lois ou les règles que l'on donne pour *positives* que comme *provisoires* ou comme moyen de liaison pour nos idées, en attendant que des découvertes ultérieures viennent les renverser ou leur donner la sanction du temps et de l'expérience.

M. Boué est le seul géologue qui se soit clairement

expliqué au sujet des créations organiques. Ses idées sur ce sujet sont très-remarquables, et entrent tout-à-fait dans notre manière de voir.

D'après ce savant géologue, « les forces créatrices de » la nature auraient été les mêmes à toutes époques, » et sont encore telles qu'elles étaient avant l'apparition » de l'homme sur la terre; mais pour s'exercer avec plus » ou moins d'énergie, elles exigent telles ou telles cir- » constances accessoires, comme, par exemple, certains » milieux ambians, certaines quantités de gaz divers, » certaines intensités et activités du fluide électro-ma- » gnétique, de la lumière, etc. Or, d'après ces idées, » toutes les classes de végétaux et d'animaux, y com- » pris l'homme, auraient été créées dès les premiers » temps géologiques, si la nature ou l'organisation par- » ticulière à chacune d'elles le leur avait permis; mais » les circonstances accessoires étant telles, que la vie » d'une ou plusieurs de ces classes devenait impossible, » il en est résulté que toutes n'ont pas pu paraître en » même temps, que quelques-unes n'ont pu se créer » qu'à certaines époques, et que celles qui ont pu se » former les premières n'ont joui de cet avantage qu'en » conséquence de modifications particulières apportées à » leur organisation actuelle. Il fallait avant tout s'a- » dapter aux milieux ambians.

» Actuellement, ces derniers sont tels, que les créa- » tions sont restreintes aux derniers échelons des êtres, » savoir : à ceux qui sont intermédiaires entre les règnes » végétal et animal, à certains genres d'infusoires et » peut-être même de vers intestinaux.

» Dans toutes les créations, le philosophe aperçoit » certains plans généraux peu nombreux et d'après les- » quels la nature a travaillé, comme à son ordinaire, » d'une manière uniforme, simple et plus ou moins sy-

» métrique. De là sont nées ces similitudes entre les » formes des classes et beaucoup de genres de diffé- » rentes classes d'êtres. Tout le monde est d'accord là- » dessus, et le dissentiment n'a lieu que pour l'exten- » sion plus ou moins grande que tel ou tel savant veut » donner au développement de cette idée. Or, ces plans » généraux ou ces modes de manifestation des forces » créatrices ont dû nécessairement et doivent encore » s'adapter aux circonstances dans lesquelles se trouve » le globe, qui doit porter et nourrir ces êtres, soit du » règne végétal, soit du règne animal.

» Enfin, considérant même cette question sous le » point de vue de la métaphysique religieuse, il me » paraît, dit M. Boué, qu'une bien plus grande étendue » est accordée aux puissances naturelles en leur concé- » dant une faculté créatrice illimitée pour le temps, » mais seulement modifiée par les circonstances acces- » soires, que de leur fixer des bornes à telles ou telles » époques géologiques. Relativement à notre intelli- » gence bornée, l'éternité devient le partage du pou- » voir créateur, comme cela est reconnu pour toutes les » grandes lois naturelles et astronomiques (1). »

On ne peut donc pas supposer que le développement des êtres organisés ait eu lieu successivement et en séries superposées, en allant du simple au composé, car nous allons voir les plantes et les animaux paraître à la même époque, et, parmi ces derniers, des classes entières, différentes par leur organisation, se développer pendant la même période.

Nous ignorons quels furent les premiers êtres qui ont paru sur la terre; c'étaient peut-être des animaux

---

(1) Boué, *Guide du Géologue voyageur*, t. II, p. 242.

au corps mou et gélatineux, comme plusieurs de nos zoophites actuels; les plantes étaient peut-être molles et facilement décomposables, sans formes bien déterminées, et dès-lors ces matières ont dû se décomposer et disparaître immédiatement après leur mort; peut-être aussi nous trompons-nous dans cette conjecture, et des êtres aussi mous auraient été détruits par la chaleur des eaux. Il est très-probable que c'est sous une température peu différente de 80 à 90 degrés, peut-être même au-dessus, que les premiers êtres organisés ont vécu. De nos jours, nous voyons des conferves végéter avec vigueur dans des eaux thermales très-chaudes; dans les plaines de l'Orénoque, des plantes herbacées, à tiges très-basses, telles que des *sesuvium* des *gomphrena*, des *thalinum*, etc, à demi-enterrées dans le sable, supportent une chaleur de 52 degrés. Dans les plaines de Jorullo, au Mexique, M. de Humboldt a vu croître des plantes dans un sable noir qui fit monter son thermomètre à 60 degrés pendant le jour (1).

C'est dans les schistes argileux et dans les grauwackes qui les recouvrent que l'on rencontre les plus anciens débris des êtres organisés, et ce ne sont pas, comme on pourrait le penser, les êtres les plus simples et les moins compliqués : plusieurs classes s'y montrent à la fois sans qu'on puisse dire quelle est celle qui a précédé les autres; on ignore même encore si les plantes ont existé avant les animaux sur la terre, et quel est celui des deux règnes qui commence la série organique.

Les êtres vivans se sont d'abord développés dans l'eau; mais quand l'eau a été suffisamment refroidie pour entretenir la vie des espèces qui s'y trouvaient

---

(1) Humboldt, *Géographie des Plantes*, p. 83.

rassemblées, des terres étaient déjà émergées, des végétaux s'en étaient emparés, et leurs débris vinrent bientôt se confondre et se déposer avec les sables et les graviers que les premières pluies entraînèrent.

Les restes organiques les plus anciens appartiennent au genre *producta*, espèce de mollusque, puis viennent les *trilobites*, les *orthocératites* et les *térébratules*. En même temps, des végétaux ont laissé leurs empreintes; ce sont des *fucoïdes*, ou plantes aquatiques, des *calamites*, genre de la famille des *équisétacées*, et plusieurs *fougères*, telles que des *sphenopteris*, *cyclopteris*, *pecopteris* et *sigillaria*; les *lycopodiacées* y sont aussi représentées par un *lepidodendron* et un *stigmaria*. Outre ces coquilles, ces crustacés et ces végétaux, en rencontre bientôt différens *zoophites*, un grand nombre de *mollusques* de genres différens, divers *radiaires*, des *serpules* et des traces de la présence des *poissons*.

Ainsi, voilà des plantes et des animaux très-différens, à organisation très-compliquée, qui se montrent en même temps, qui apparaissent tous ensemble dès l'origine des dépôts de sédiment, et qui nous prouvent que la vie se développait avec rapidité sur notre planète, malgré les agens destructeurs qui entraînaient déjà, pour en former les grès, les fragmens qu'ils arrachaient aux roches existantes.

Nous ne retrouvons maintenant vivante aucune des nombreuses espèces contenues dans ces anciens dépôts; mais plusieurs genres ont traversé toute la série des terrains de sédiment et existent encore dans différentes parties du globe. Telles sont, par exemple, les *térébratules*.

La force organique avait alors une puissance extrême, ou, ce qui revient au même, les circonstances acces-

soires qui la développaient étaient tellement favorables que, pour ainsi dire, au même instant la vie se montra sous plusieurs formes entièrement différentes.

Quelques-uns de ces êtres vivans atteignirent d'énormes dimensions; ainsi, on a trouvé des *orthocératites*, espèce de coquille cloisonnée, qui avaient plus d'un mètre de longueur et qui, selon toute apparence, nageaient en emportant cette lourde enveloppe qu'un homme peut à peine soulever.

Il est difficile aussi de se faire une idée de la prodigieuse multiplication de quelques-uns d'entre eux. Quand des causes locales ont fait périr de mort violente tous ceux de ces animaux qui existaient à la fois dans une localité, on en trouve des millions réunis. C'est ainsi que, dans quelques endroits du pays de Galles, l'*asaphus debuchii* (sorte de trilobite ou de crustacé) est si abondant, que les feuillets des schistes en sont couverts en nombre immense. Un petit *nautile* forme le centre et quelquefois la masse entière des nodules calcaires qui constituent certains dépôts dans les Pyrénées. M. Dufresnoy, calculant le nombre que doit en contenir une couche d'un mètre d'épaisseur sur un myriamètre carré d'étendue, a obtenu le chiffre énorme de vingt-sept mille milliards.

Un petit nombre de genres, mais beaucoup d'espèces qui ont vécu à cette époque reculée, se sont éteints successivement dans les dépôts supérieurs. Les *producta* ont disparu les premiers, tout en arrivant jusqu'à la formation du zecsthein; les *spirifer* se sont élevés jusqu'à l'étage du lias, et les *térébratules* sont parvenues jusqu'à nous, tandis que les *trilobites* ne sont restées que peu de temps sur la terre, et ce sont probablement les premiers animaux dont la race s'est éteinte. Les *crinoïdes* ou *radiaires*, et plusieurs genres

de *madrépores* ont aussi traversé la longue série des créations pour arriver à notre époque; on remarque même que les genres *astrea* et *cariophyllia* qui existaient déjà, sont encore ceux qui bâtissent aujourd'hui les îles de corail et les rescifs.

Enfin, la présence des poissons, animaux déjà très-compliqués dans la série, annonce que la matière organique préludait déjà à l'apparition des formes qui, plus tard, se sont entièrement développées.

Les débris de plantes sont bien plus rares à cette ancienne époque que ceux des animaux, ce qui peut tenir à différentes causes qui se sont opposées à leur conservation, et surtout à l'abondance des dépôts arénacés, dont les parties détachées et entraînées par les eaux devaient user et détruire les organes mous et délicats des plantes. D'un autre côté, les terres émergées étaient peu étendues et ne formaient sans doute çà et là que quelques îles sur lesquelles la végétation s'était établie, et nous ne savons pas du reste si l'atmosphère contenait de l'acide carbonique, et il est très-douteux que les plantes puissent végéter sans l'action de ce corps gazeux. Ce qui le prouve, c'est qu'aussitôt que les premiers calcaires se furent déposés, sous forme de grandes lentilles, dans la formation de la grauwacke, de la houille, ou plutôt de l'anthracite, se montra dans la partie supérieure du dépôt, et provenait certainement d'un mouvement rapide de cette nouvelle végétation.

A l'époque à laquelle nous sommes arrivés, les premières dislocations du sol s'étaient déjà opérées, de grandes fractures avaient eu lieu en Europe, et c'est peut-être par les fentes produites que sortirent les sources abondantes et très-chargées de carbonate de chaux qui couvrirent la grauwacke d'un vaste dépôt

calcaire et commencèrent la série carbonifère. Ce sont, de tous les calcaires, ceux qui ont atteint le plus grand degré de puissance, ceux qui contiennent le plus de bitume et dont la pesanteur spécifique est le plus considérable.

Ces calcaires noirs, qui précèdent le dépôt de la houille, renferment une grande quantité de débris d'animaux qui sont à peu près les mêmes que dans la grauwacke; quelques espèces ont changé; quelques genres nouveaux, peu nombreux en espèces, se sont introduits; mais les radiaires, et notamment les *encrines*, se sont développés, car leurs débris composent quelquefois seuls des couches entières dans cette formation.

Le phénomène le plus remarquable de cette époque fut sans contredit l'apparition de cette immense quantité de calcaires, roches qui s'étaient déjà montrées dans la formation précédente, mais en petite quantité et presqu'accidentellement, tandis qu'ici on voit paraître des assises extrêmement épaisses et qui sont aussi très-compactes. L'énorme quantité d'animaux dont les dépouilles s'y trouvent conservées, et peut-être aussi des zoophites mous et gélatineux, analogues à nos *méduses actuelles*, ont sans doute contribué à lui donner l'odeur et la couleur du bitume qui le distinguent des dépôts postérieurs. Nous devons supposer, si nous admettons que les calcaires ont été amenés par des sources thermales, que le peu d'épaisseur de la croûte terrestre rendait très-chaudes et très-abondantes, que ces sources étaient accompagnées de violens dégagemens d'acide carbonique; la chaux était d'ailleurs à l'état de bicarbonate, que la température élevée décomposait bientôt, et son excès d'acide se répandait dans l'air à mesure que le sous-carbonate se déposait.

L'atmosphère était alors bien différente de ce qu'elle était lors de la formation des terrains primaires. Une grande quantité d'oxigène avait été absorbée; l'azote, par conséquent, devenu prépondérant, rendait la vie animale moins active, et l'acide carbonique, en s'y mélangeant en grande quantité, s'opposa certainement au développement de nouvelles espèces, en arrêtant l'essor d'organisation qui avait pris naissance dans les eaux chaudes qui formaient les mers primitives.

Notre planète était assez refroidie pour que les saisons pussent marquer leur passage. L'évaporation et les pluies devaient se trouver en rapport et avoir atteint une certaine limite qui permettait alors aux plantes de se développer, tandis qu'auparavant la fréquence des averses, ou plutôt leur force d'érosion, capable d'avoir produit les immenses dépôts de schistes et de grauwackes, devait nécessairement s'opposer à la multiplication des plantes. Les mêmes causes de destruction n'existaient pas alors pour des animaux à branchies ou munis de tout autre organe respiratoire, qui vivaient en nombre immense dans le fond des mers, abrités dans les golfes ou les bas-fonds.

Avant la fin du dépôt calcaire, les végétaux commençaient à paraître, et les amas de matières charbonneuses, qui s'étaient déjà montrés au sommet de la grauwacke, se reproduisirent aussi à la partie supérieure du calcaire qui précéda la houille. Ce ne fut, toutefois, qu'après ces premiers essais, que la végétation parut dans toute sa force, et, pour la première fois, les nouveaux continens se couvrirent de verdure et d'immenses forêts. Peut-être à cette époque de la première apparition des calcaires, les sources thermales furent-elles assez puissantes et assez chaudes pour détruire quelques-

uns des êtres organisés qu'elles nourrissaient (1) et pour donner à l'atmosphère une température assez élevée pour arrêter les pluies et suspendre par conséquent les dépôts arénacés. On ne trouve, en effet, aucune couche de grès dans la grande assise de calcaire; cette dernière roche vient interrompre les sédimens de grauwacke que l'on voit revenir au-dessus avec le titre et les caractères de grès houillers.

Si réellement cet effet a eu lieu (et il a pu se reproduire à différentes époques), toutes les conditions se trouvaient réunies pour la plus active végétation. Des eaux chaudes entouraient les îles et les continens; de la vapeur enveloppait les végétaux, et l'acide carbonique, abondamment répandu, pénétrait dans leurs nombreuses cellules et y déposait son carbone. Les grandes averses, qui ont si souvent raviné la terre et qui ont contribué à la formation des grès, n'existaient pas. Les plantes ont pu se développer avec une grande facilité, et c'est seulement après le dépôt du calcaire et l'abaissement de température, que les pluies, devenant, comme auparavant, un des phénomènes habituels de notre planète, permirent la création de nouveaux grès avant que l'eau ait pu dénuder le sol couvert d'une couche épaisse de végétation, et former de nouveaux fleuves pour en charrier les débris. Ce fut alors que se formèrent ces anciens deltas qui consti-

---

(1) N'aurait-on pas un indice de cette température, ou peut-être simplement de l'action chimique des eaux, dans ces portions de calcaire de cette époque qui ne contiennent pas un seul débris de corps organisé? Ces parties de calcaire indiqueraient le voisinage des sources où la température était suffisante pour détruire les animaux.

tuent maintenant nos houillères, et dont nous avons essayé de décrire le mode d'origine.

Cette période géologique, extrêmement importante, est circonstanciée par l'immense développement des végétaux et par un abaissement marqué dans la vie animale. Cette dernière observation est du reste une conséquence de l'autre; car ce qui favorise la végétation nuit à l'existence des animaux, et la nature nous offre ainsi une série d'oscillations dans les degrés d'intensité de la vie végétale et de la vie animale, comme si elle avait essayé plusieurs fois avant d'atteindre l'état d'équilibre qui caractérise notre époque.

Les plantes dont nous trouvons les débris dans les houillères, et qui sont certainement celles qui ont produit la houille, sont à peu près les mêmes que celles qui existaient déjà dans les terrains inférieurs. Ce sont du moins les mêmes genres, mais dont les espèces deviennent extrêmement nombreuses. La flore de cette époque a été étudiée avec beaucoup de soin par M. Adolphe Brongniart, qui a déjà décrit et figuré une grande partie de ses espèces (1).

Les équisétacées offrent deux genres, dont l'un, *calamites*, est abondamment répandu. Les fougères dominent tout-à-fait dans cette flore. Les genres *sphénopteris*, *nevropteris*, *pecopteris*, *sigillaria* sont les plus nombreux en espèces. Le genre *sphenophyllum* représente les marsiléacées; les lycopodiacées qui s'étaient déjà montrées en petit nombre dans la grauwacke, deviennent ici très-abondantes, et au genre *lepidodendron*, qui est le plus nombreux, se joignent des *lycopodites*, des *cardiocarpon*, des *stigmaria* et deux

(1) *Hist. des Végétaux fossiles*, t. V, livrais. 1-10.

selaginites; enfin, on trouve aussi dans la flore du terrain houiller deux *palmiers*, une *cannée*, plusieurs plantes monocotylédones bien caractérisées et des végétaux de classe incertaine, parmi lesquels les dycotylédons sont certainement représentés; en sorte que dans une seule époque paraissent tout-à-coup sur le globe les grands types de l'organisation végétale, quoique cependant dans des proportions très-inégales. Ainsi, les fougères forment plus de la moitié de cette flore. Les lycopodiacées viennent après les fougères et en forment un quart. Le reste est composé d'équisétacées, de marsiléacées, de palmiers et d'autres végétaux, dont les familles sont incertaines. Ce n'est plus que dans quelques îles situées dans les contrées les plus chaudes du globe que nous retrouvons encore une grande quantité de fougères, proportionnellement aux autres végétaux, encore ne sont-elles pas dans la proportion de la flore des houillères. A Tristan-d'Acunha, elles sont aux autres plantes comme 2 : 3; à Sainte-Hélène, comme 1 : 2; à Otahiti, comme 1 : 4; en France, comme 1 : 60. La végétation des houilles est donc toute tropicale, et remarquable surtout par son extrême vigueur et son uniformité sur toute la terre.

Cette flore ne se rapproche de la flore générale du globe que par quelques genres de fougères arborescentes. Tous les autres genres s'en éloignent beaucoup; ainsi, nous n'avons plus ces immenses lycopodes dont les grandes tiges ne ressemblaient à rien de ce qui existe. Nous ne pouvons nous faire une idée de ces grands calamites qui remplaçaient nos équisétacées et qui s'élevaient à 50 pieds de haut, avec leurs formes bizarres, leurs tiges écailleuses et cet aspect extraordinaire dont la végétation équatoriale ne peut même nous rappeler les formes. Toutes ces grandes fougères, aux

frondes élégantes et étagées, enlacées par de nombreux lycopodites, devaient former d'impénétrables forêts sous lesquelles végétaient encore de plus petites espèces abritées sous leurs larges feuilles.

L'uniformité de cette végétation primitive sur toute la surface du globe est un des faits les plus curieux de l'époque houillère, et qui paraît aujourd'hui bien constaté. M. Jameson a reconnu l'identité des plantes des houillères des contrées boréales de l'Amérique avec celles de l'Europe. M. Robert Brown assure que les fougères des houillères de la Nouvelle-Hollande ne diffèrent que par les espèces de celles du même terrain en Europe. M. Ad. Brongniart est venu confirmer cette assertion par la description de quelques débris, tant de l'Australie que des Indes (1), en sorte qu'une même flore, mais bien moins nombreuse que celle d'aujourd'hui, occupait toute la surface du globe, sans offrir ces grands traits distinctifs que présentent maintenant les flores séparées de chaque zône ou de chaque continent. Une température sensiblement égale régnait alors sur toute la terre; car on ne peut guère supposer que des plantes de même aspect, de famille et de genre semblables, d'espèces presque toujours analogues ou identiques, aient pu vivre sous des conditions différentes de température, de lumière ou d'humidité. En se basant sur ces considérations et sur la présence des houilles au voisinage du pôle nord, M. Alphonse de Candolle demande comment les mêmes végétaux ont pu vivre sous la lumière intense des régions équinoxiales et pendant les longues nuits polaires. « Que l'on réfléchisse, dit-il, à l'action im-

(1) *Résumé des Sciences géologiques*, par M. Boué; 1835, p. 476.

portante de la lumière dans les fonctions respiratoires et exhalantes des végétaux, et il ne sera guère possible de supposer que des plantes qui ne perdent pas leurs feuilles, et qui ouvrent leurs stomates, par l'effet du soleil, douze heures sur vingt-quatre, aient pu supporter une obscurité de quelques mois.

» Ou les plantes polaires de l'ancien monde étaient organisées autrement que nos plantes équatoriales, ou elles étaient soumises à des conditions physiques analogues. Sans l'une de ces deux alternatives, elles n'auraient pas vécu. Il leur serait arrivé ce qui arrive aujourd'hui quand on expose au froid, à l'obscurité prolongée ou à une humidité excessive, une plante de nos pays chauds ; elle meurt sans se reproduire. Mais la première alternative est fausse, car l'observation a démontré l'analogie des anciennes espèces avec nos plantes équatoriales. Reste donc la seconde alternative, qu'elles étaient soumises à des conditions analogues de chaleur, lumière, etc. On ne conteste pas l'analogie de chaleur des anciennes régions polaires avec nos régions équatoriales, parce que le vulgaire lui-même admet la nécessité d'une certaine température pour des plantes analogues; mais il ne faut pas faire le même raisonnement pour la lumière, qui importe autant aux végétaux que la tempétature.

» Je laisse aux physiciens, continue M. de Candolle, le soin de faire concorder avec les lois de notre sphère, le phénomène, qui me paraît devoir être admis, d'une lumière plus égale jetée autrefois sur les régions polaires. Je ne tiens nullement à l'hypothèse d'un changement d'inclinaison de l'axe terrestre, mais seulement au fait d'une lumière autrement répartie. Peut-être trouvera-t-on un jour que le magnétisme terrestre et une haute température du globe ont pu produire jadis

une lumière inconnue maintenant ; peut-être découvrira-t-on que les aurores boréales ont été autrefois beaucoup plus fréquentes et plus intenses que dans notre époque. Tout cela est hypothèse pour le moment. Ce qui me paraît toujours un fait, c'est que les végétaux fossiles de la baie de Baffin étaient éclairés autrement que ceux qui vivent de nos jours dans cette région (1). »

Cette objection du manque de lumière pour l'ancienne végétation des pôles est extrêmement grave ; mais nous devons croire cependant que l'écliptique n'a pas été déplacé. Nous ne connaissons pas les conditions d'existence que pouvaient exiger les plantes de ces contrées, mais en remontant aux causes actuelles, nous trouverons encore l'explication de ces phénomènes. Beaucoup de plantes vivent dans des lieux très-ombragés, et nos forêts nourrissent un certain nombre de végétaux que le soleil n'atteint jamais. La même chose devait avoir lieu à l'époque de la végétation des houilles, et plusieurs espèces abritées sous les larges feuilles et les cimes impénétrables des grands végétaux, devaient parcourir toutes les phases de leur existence sans être éclairées par un seul des rayons du soleil. Nous voyons aujourd'hui les fougères présenter encore ce caractère. Nous les voyons tapisser des grottes obscures, descendre jusqu'au fond des puits et végéter sans soleil, quelquefois même sous l'influence d'une faible clarté, quoique pourtant elles conservent la teinte verte et intense de leurs feuilles, et sans qu'elles cessent de décomposer l'acide carbonique dans leurs tissus. Cette observation n'a pas

(1) *Bibl. univ.* ; avril 1835.

échappé non plus à M. Aug. de Candolle (1). Il a vu des fougères rester vertes dans des caves où les autres plantes étaient toutes étiolées. Nous ne savons pas même si la haute température qui régnait dans les eaux à l'époque du dépôt des houilles n'occasionnait pas, à une certaine élévation dans l'atmosphère, une zône de condensation où les vapeurs formaient un voile nuageux, impénétrable aux rayons du soleil. Ce sont peut-être ces conditions d'existence, nuisibles aux autres végétaux, favorables au contraire à l'organisation des fougères, qui ont permis à cette élégante famille de plantes de prendre une telle extension aux dépens des classes qui ont trouvé plus tard leurs conditions d'existence.

Pendant la brillante végétation des plantes houillères, les animaux étaient presque effacés des lieux où elles se développaient; quelques coquilles marines ou d'eau douce paraissaient de temps en temps, comme pour indiquer que les matières charbonneuses se réunissaient dans des golfes ou des grands lacs d'eau douce ou saumâtre.

A la fin de la période houillère semble correspondre une nouvelle dislocation des couches de sédiment d'une partie de l'Europe, et en même temps l'apparition de roches ignées, de *porphyres divers*, ou de roches *trapéennes* (*toadstone* et *whinstone* des géologues anglais). Ces roches se sont épanchées dans la formation des houilles qu'elles ont traversées en tous sens, altérant plus ou moins les différentes parties dont elle se compose, et se liant même au grès houiller et surtout au grès rouge, qui paraît, dans certains cas, n'être qu'une

(1) *Dictionnaire des Sciences naturelles*, art. *Géographie des plantes*, p. 371.

modification du porphyre, tandis que d'autres fois on croirait que ces roches porphyriques sont dues à une action postérieure exercée sur les roches arénacées.

Le dépôt du grès rouge, qui a succédé aux houilles, est très-remarquable par sa puissance, qui atteint jusqu'à deux cents mètres; par sa couleur généralement rouge, que M. Omalius attribue à la suroxidation du fer par une longue agitation, et par la présence de blocs assez volumineux qui composent ses assises inférieures. Ce dernier caractère annonce un mouvement de transport assez rapide, lié peut-être à l'apparition de nombreux filons de porphyre qui auront fracturé le sol en une multitude de points, et qui, en changeant les niveaux, auront déplacé les eaux en leur imprimant une certaine vîtesse. L'absence des débris organiques, à l'exception de quelques restes de plantes brisées, prouve encore un dépôt formé dans un liquide agité, et assez promptement pour que les êtres vivans n'aient pu s'y développer.

C'est pendant la création de ces anciennes couches du globe, que des injections, ou plutôt des eaux thermales chargées de différentes substances, ont traversé, au moyen des fentes formées, tous ces dépôts antérieurs, et ont laissé des gîtes métallifères dans plusieurs roches cristallisées ou sédimenteuses.

Quand le grès rouge eut cessé de se déposer, il paraît que de nouvelles sources produisirent encore une certaine quantité de calcaire ou du moins la formation du zeichstein vint recouvrir les grès dans plusieurs localités. Pendant cette période, la végétation semble s'être considérablement ralentie. Il existait des fucoïdes dans les eaux; il y avait aussi sur les continens quelques-unes des plantes qui venaient de former la houille, et il paraît même qu'une nouvelle famille de

végétaux, les *conifères*, commençait à se montrer, si toutefois elle n'avait pas déjà pris un certain développement dans la période houillère, comme l'a presque prouvé M. Witham.

Plusieurs des mollusques que l'on a rencontrés au-dessous du terrain houiller, se trouvent encore identiques ou analogues dans ce second dépôt du calcaire; mais on voit la vie animale revêtir des formes tout-à-fait singulières. Les poissons, dont on n'avait trouvé que quelques débris dans les formations précédentes, se montrent ici avec plus d'abondance et diffèrent totalement des espèces actuellement vivantes. On voit dans leur organisation une tendance vers les reptiles, et l'un de ces animaux, appartenant au genre *monitor*, a déjà paru à cette époque reculée. L'atmosphère, débarrassée par la puissante végétation des houillères de l'excès d'acide carbonique qu'elle contenait, permettait le développement de ces animaux des classes inférieures; car les reptiles peuvent vivre dans un air encore chargé d'acide carbonique, et les poissons ne meurent pas dans de l'air qui contient seulement dix pour cent d'oxigène. Cette tendance des forces créatrices vers les formes des reptiles auxquels elles préludaient par l'apparition des premiers *poissons sauroïdes*, fut interrompue en Europe par des relèvemens de terrains qui se manifestèrent dans le pays de Nassau, dans quelques parties de la Saxe, au Hartz, etc. Cette dislocation, qui a relevé les couches du zeichstein et du grès rouge partout où elles se sont trouvées en contact avec les lignes de soulèvement, a arrêté ou peut-être transporté dans d'autres contrées l'émission des calcaires, et des grès sont venus de nouveau se déposer en puissantes assises. Ce sont les grès des Vosges et les grès bigarrés. Les premiers, que quelques géologues considèrent comme formation distincte, pourraient bien

être parallèles au zeichstein et avoir été disloqués par le même soulèvement que ces calcaires. Ils passent aux grès bigarrés qui, comme eux, sont sans fossiles, à l'exception des couches supérieures qui contiennent des végétaux. On y retrouve encore des plantes de la formation houillère, quelques liliacées, et des conifères qui deviennent assez fréquens. Il semble même qu'il y ait eu une petite recrudescence de végétation due à l'acide carbonique que le zeichstein a répandu dans l'atmosphère, en arrivant, comme tous les calaires, à l'état de bicarbonate. Ainsi, des houilles, mieux désignées sous le nom de lignites, sont exploitées dans le grès bigarré.

Les calcaires reparaissent caractérisés par une grande quantité d'*encrine liliformis*. Les sources qui les amenaient ont charrié une grande quantité de sel gemme et de gypse qui forme des masses dans tous les dépôts de calcaire coquiller. Les *producta* disparaissent, et l'on voit la nature s'essayer encore à de nouvelles formes animales, dont elle avait déjà montré quelques types. Les *belemnites*, les *gryphées*, les *ammonites persillées*, représentées par quelques espèces d'une autre section dans les assises précédentes, commencent à paraître dans le calcaire coquiller; les poissons sauroïdes reviennent encore, et l'on voit même deux nouveaux genres de reptiles, les *plesiosaurus* et les *icthyosaurus*. Les plantes disparaissent presque entièrement; on rencontre cependant pour la première fois un *mantelia* appartenant à la famille des *cycadées*. Les mêmes phénomènes se reproduisent pendant le dépôt des marnes irisées; mais comme ce calcaire coquiller avait amené de l'acide carbonique, la végétation des houillères se développe de nouveau, et plusieurs couches de houille sont exploitées dans cette formation.

On rapporte généralement à la partie supérieure du grès bigarré qui supporte immédiatement ces derniers calcaires, des empreintes de pattes d'animaux, que l'on a découvertes dans différentes parties de l'Allemagne et de l'Ecosse. Elles prouvent clairement qu'il existait déjà à cette époque des animaux assez élevés dans la série. On rapporte ces empreintes à des reptiles amphibies différant cependant des grands sauriens que nous avons déjà cités et se rapprochant davantage des crocodiles et des tortues. On a cru aussi pouvoir les rapporter à des marsupiaux, classe qui paraît en effet avoir précédé toutes les autres dans l'ordre de la création des mammifères, et qui présente de singulières anomalies d'organisation.

Les grès bigarrés, les calcaires coquillers et les marnes irisées, dont l'ensemble constitue la grande formation précédente, ou le terrain keuprique, se trouvent relevés et disloqués en un grand nombre de lieux; en sorte qu'il faut placer ici, avec MM. de Buch et Elie de Beaumont, l'époque d'un soulèvement qui est encore venu interrompre les créations animales qui avaient lieu en Europe. Ce soulèvement sépare les dépôts précédens de la grande formation jurassique, qui a duré longtemps, qui s'est développée sur une échelle immense, et pendant laquelle toutes les formes organiques qui avaient essayé de se produire auparavant, ont pu acquérir leur dernier degré d'organisation.

Les périodes précédentes ont été de courte durée relativement à celle-ci. Les forces intérieures, qui agissaient avec intensité, activaient tous les phénomènes, et les couches de grès, comme les dépôts calcaires, le développement des êtres organisés, comme leur enfouissement, se succédaient sans autre interruption que les divers soulèvemens qui marquaient la fin d'une formation et le commencement d'une autre.

Les dépôts jurassiques se composent de différentes couches de sable ou de grès, de calcaire et d'argiles. Ces dernières se sont principalement déposées à l'embouchure des fleuves et marquent leurs deltas. Les calcaires sont remarquables par leur structure oolitique qui domine aussi dans l'oxide de fer que les sources déposaient en même temps. Les sables et les grès sont plus fins et moins durs que ceux qui forment la base de toutes les formations précédentes. L'influence du climat, moins sensible jusque-là, allait bientôt entrer comme un élément puissant dans les causes agissantes; aussi, voit-on ces dépôts et ceux qui leur sont supérieurs confinés dans une certaine zône de la terre, et déjà très-éloignés des pôles, qui, à cette époque, étaient probablement les points les moins sujets aux violentes secousses de l'intérieur.

A en juger par l'épaisseur des couches d'argile qui forment les anciens deltas de la période jurassique, les fleuves devaient avoir une grande puissance, et par conséquent les pluies devaient être extrêmement fréquentes. L'humidité de l'air, la température moins élevée, l'abondance des eaux, la diminution de la pression atmosphérique, se réunissaient pour offrir un concours de circonstances favorables à la création et à la multiplication de certaines espèces animales, et ce fut, en effet, pendant cette longue période, que les formes les plus singulières parurent à la surface du globe.

On ne peut se faire une idée de la quantité de mollusques et de zoophites dont les dépouilles sont enfouies dans ces terrains. Des couches entières sont formées de leurs débris. Il est bien difficile aussi de se rendre compte de ce nombre immense d'espèces et d'individus appartenant à quelques genres particuliers, tels que les *scyphia*, *astrea*, *cidaris*, *pentacrinites*, *serpula*,

terebratula, *griphæa*, *belemnites*, *ammonites*, etc. Ces derniers, analogues aux nautiles actuels, devaient voguer à la surface de ces anciennes mers, en soutenant leurs volumineuses coquilles aux formes si variées et si singulières. Les *bélemnites* ne sont que des os intérieurs, et selon toute apparence, l'animal auquel ont appartenu ces fossiles était semblable à la sèche, ou du moins très-voisin. On peut croire que c'était un céphalopode de l'ordre des acétabulifères, comme la spirule, et formant entre elle et la sèche un genre intermédiaire. Ce qui confirme cette présomption, c'est la découverte, à côté de bélemnites, du sac à encre, analogue à celui de la sèche, et renfermant encore, depuis cette époque reculée, une matière analogue à l'encre de Chine. On ne sait à quel motif attribuer l'entassement de ces bélemnites dans certains endroits; et quand on voit les mêmes espèces présenter des individus de différente grosseur, et tellement serrés, que c'est à peine si le corps mou de l'animal pouvait trouver place entre ces osselets, on est tenté de croire que ces animaux voyageaient en grand nombre et qu'ils ont péri tout-à-coup d'une mort violente, par quelque commotion souterraine, ou par la présence dans l'eau de gaz ou de matières vénéneuses pour eux.

Avant le lias, avaient déjà paru d'énormes poissons se rapprochant des reptiles par leur organisation, par leurs grandes dents coniques et striées, par les sutures plus intimes des os de leurs crânes; mais c'est dans la formation qui nous occupe que nous les voyons se multiplier et se diviser en genres assez nombreux dont il nous reste à peine quelques représentans dans nos mers actuelles. Cette tendance vers l'organisation des reptiles ne tarda pas à atteindre sa dernière limite, parce que les circonstances accessoires et les milieux

ambians étaient précisément ceux qui devaient favoriser cette création. Les genres qui s'étaient montrés dans les dépôts précédens, à l'exception du *monitor*, reparurent à cette époque, ainsi que plusieurs autres nouveaux. Les *icthyosaurus*, *plesiosaurus*, *pterodactylus*, *lepidosaurus*, *megalosaurus*, *teleosaurus*, *nothosaurus*, et un grand nombre d'autres sauriens, dont quelques-uns atteignaient 30 pieds de longueur, étaient alors les monstres qui dominaient dans ces mers attiédies et qui habitaient, comme nos crocodiles actuels, la fange des deltas et les rives des grands fleuves. Les descriptions de ces grands amphibies ressemblent à des fables et passeraient certainement pour telles, si de nombreux squelettes trouvés dans quelques calcaires et dans d'énormes assises d'argile, ne prouvaient à l'évidence l'ancienne existence de ces êtres que l'imagination seule n'aurait pu se représenter avec des formes aussi singulières.

Ceux qui devaient dominer à cette époque, étaient les *icthyosaurus* et surtout le *platyodon*. Ce genre est remarquable par sa tendance à passer aux cétacés, aux poissons, aux ornithorinques. C'est comme une souche d'où seraient sorties ensuite les formes dominantes du règne animal. L'ensemble du squelette rappelle celui des cétacés, tandis que les vertèbres caudales le ramènent à celui des crocodiles. La tête se rapproche de celle des dauphins, des lézards, des crocodiles et des tortues. L'œil paraît avoir été partagé par un cercle de pièces osseuses disposées comme les douves d'une futaille et analogue à celui de la sclérotique de l'œil des oiseaux et des lézards. L'oreille offrait la conformation de celle des salamandres et des protées. Leurs dents étaient nombreuses et disposées sur une seule rangée, le long du bord des mâchoires. Les vestiges de l'os hyoïde et

l'absence de traces des trous branchiaux font présumer que ces animaux respiraient dans l'air comme les reptiles, et non dans l'eau comme les poissons. Le sternum rappelle un peu celui des ornithorinques. C'était donc un être bien singulier que celui qui joignait à cette structure presque indécise, la mâchoire d'un dauphin, les dents d'un crocodile, la tête d'un lézard, le sternum d'un ornithorinque, les vertèbres d'un poisson et les extrêmités d'un cétacé, mais en nombre double. Si nous avions pu connaître entièrement son anatomie, nous aurions sans doute trouvé à établir beaucoup d'autres rapports. Mais quelques autres genres, voisins de celui-ci, vont nous offrir de nouvelles analogies et de nouveaux passages.

Le *plesiosaurus*, dit Cuvier, respirait l'air, se rapprochait plus des crocodiles que des icthyosaurus, et dans l'état de vie, si son cou était comme un véritable serpent, son corps différait peu de celui d'un quadrupède ordinaire. La queue surtout était fort courte. On peut croire que les poumons étaient fort étendus, et même peut-être, à moins qu'il n'ait eu des écailles fort épaisses, il changeait la couleur de sa peau comme le caméléon et les anolis, selon qu'il faisait des inspirations plus ou moins fortes. Les dents étaient grêles et pointues, inégales et un peu arquées. Le nombre des inférieures s'élevaient à 27 de chaque côté. La tête était très-petite; le nombre de ses vertèbres dépasse celui de tous les autres animaux.

Le genre *ptérodactyle*, plus curieux encore, nous révèle l'existence de reptiles garnis à la fois d'ailes membraneuses au moyen desquelles ils pouvaient voler avec facilité à la manière des chauves-souris. Ces ailes étaient soutenues par un seul doigt très-long, tandis que les trois autres, indépendans et garnis d'ongles, leur permet-

taient de s'accrocher aux branches ou aux rochers. La tête rapproche beaucoup ces êtres des oiseaux; elle offre comme chez eux, une proéminence pour loger le cervelet et de larges orbites comme dans les oiseaux nocturnes. La mâchoire, déjà allongée en forme de bec, était garnie de dents. Il y avait évidemment passage aux oiseaux, qui peut-être auraient immédiatement succédé à ces êtres transitoires, si leurs poumons eussent pu s'accommoder de l'atmosphère de cette époque. Parmi les différentes espèces de ptérodactyles, on en cite une qui avait environ cinq pieds d'envergure.

Les autres genres, auxquels il faut ajouter des crocodiles et divers chéloniens, complétaient cette série d'animaux qui remplaçaient alors nos mammifères et nos oiseaux. Des découvertes ultérieures amèneront, sans aucun doute, à la connaissance de nouvelles espèces, et nous révéleront peut-être des formes que nous ne pouvons soupçonner (1).

Tous ces animaux étaient marins ou terrestres, et probablement l'un et l'autre; ils devaient vivre indistinctement dans les eaux douces ou dans les eaux salées, comme nos crocodiles, mais préférer l'embouchure

---

(1) On trouve avec les débris de tous ces grands sauriens un grand nombre de leurs excrémens qui se sont très-bien conservés. On a rencontré aussi au milieu d'ossemens des galets qui avaient été avalés par un de ces animaux; ils étaient contenus dans son estomac et avaient servi à la trituration des alimens. On sait que l'habitude d'avaler des galets s'observe chez quelques reptiles vivans, et notamment chez les crocodiles; c'est une remarque vulgaire à l'égard des oiseaux granivores. Une dent de squale et quelques portions osseuses très-altérées se trouvaient aussi parmi des galets roulés; ces restes étaient dus sans doute à la dernière proie avalée par l'animal.

des fleuves; en sorte que la présence de leurs débris annonce la proximité d'un ancien continent. Quelques géologues croient qu'à cette époque il y avait encore peu de différence entre les eaux salées et les eaux douces; que celles-ci étaient plus ou moins saumâtres à cause du peu d'étendue des continens et de l'action des marées, qui remontaient très-loin dans l'intérieur des terres.

Il paraît que dans cette grande période de création animale, les mammifères commencèrent à paraître; car on trouve les débris de plusieurs espèces de didelphes, mais ils sont très-rares. Les conditions d'existence pour ces animaux n'étaient pas encore arrivées, et ce n'est que dans des couches supérieures que nous les verrons prendre la place des sauriens, qui dominaient pendant toute cette période géologique.

Les insectes, dont plusieurs ordres s'étaient déjà montrés à l'époque des houilles, existaient encore lors du dépôt du terrain jurassique; mais leurs restes, qui se conservent difficilement, n'apparaissent que de loin en loin.

La végétation de cette période géologique est très-remarquable par le grand développement qu'acquirent les cycadées et principalement le genre *zamia*. Ces plantes forment la moitié de la flore de cette époque, et le nombre des espèces fossiles connues est déjà plus grand que celui des espèces vivantes. Ces plantes, en se mélangeant à quelques fougères, ont formé des houilles dans la période oolitique. On reconnaît aussi des conifères, mais en petit nombre; ce sont des *thuytes* et un *taxites*.

On voit par l'épaisseur des terrains jurassiques et par le grand développement du règne animal, que les soulèvemens et les dislocations du sol s'éloignaient de plus

en plus, laissant entre eux de plus longues périodes de calme et de tranquillité. Cependant, à la fin de la formation jurassique, de nouvelles rides vinrent déranger l'horizontalité de ces vastes dépôts. Les Cévennes, le mont Pilate, la Côte-d'Or, l'Erzgebirge en Saxe, attestent un déplacement réel dans les couches qui se sont formées à leurs bases.

Alors commença une nouvelle période géologique qui dut être longue comme la précédente et qui présenta successivement des dépôts de sables et de calcaires que l'on désigne sous le nom de *craie*. Il paraîtrait cependant, d'après M. Elie de Beaumont, qu'elle fut partagée par le soulèvement d'une portion des Alpes, où domine le mont Viso, et que plusieurs autres dislocations parallèles eurent lieu à la même époque.

Les polypiers, les radiaires et les mollusques continuèrent de se montrer en abondance dans la formation de la craie. Quelques genres nouveaux et beaucoup d'espèces paraissent pour la première fois; mais aussi c'est dans cette formation que cessèrent, parmi un certain nombre de genres, les *gryphées*, les *ammonites* et surtout les *bélemnites*; on les voit encore dans la craie, mais non au-dessus.

Les grands reptiles de l'époque précédente disparurent ou devinrent très-rares. On trouve cependant dans cette formation un *mosasaurus*, des *crocodiles* et des *tortues*; on y cite aussi un os d'oiseau qui peut-être a appartenu plutôt à un reptile ailé, voisin du ptérodactyle; on retrouve encore quelques poissons du terrain jurassique et un assez grand nombre de genres appartenant à l'ordre des chondroptérygiens, qui est maintenant le plus nombreux sur la terre. La craie a plus des deux tiers de ses espèces appartenant à des genres qui ont disparu; cependant, dans leur ensemble, les pois-

sons de la craie du nord-ouest de l'Europe rappellent plus fortement le caractère général des poissons tertiaires que celui des espèces du calcaire jurassique. Dans un rapprochement général des formations géologiques, d'après les poissons fossiles, il paraîtrait plus naturel d'associer le système crétacé, y compris le grès vert, avec les terrains tertiaires, que de les ranger dans le groupe des terrains secondaires (1).

La végétation de cette époque est bien difficile à définir, et la flore n'offre qu'un petit nombre d'espèces : ce sont en général des plantes marines, des *fucoïdes*, des *zosterites* et quelques *fougères*; une *cycadée*, un *conifère*, qui attestent que des végétaux analogues vivaient encore sur quelques îles ou quelques continens. On trouve aussi de véritables dycotylédons, sous forme de gros troncs, qui paraissent avoir été charriés de très-loin et dont plusieurs sont percés par des coquillages marins, comme s'ils avaient flotté long-temps.

Les nombreux rognons de silice ou quarz pyromaque que contient la craie, sa texture et son grand état de pureté en quelques endroits, annoncent un précipité chimique de matières calcaires, et par conséquent l'émission d'une grande quantité d'acide carbonique.

Les substances métalliques introduites par injection, par sublimation ou par le passage des eaux minérales, cessent avant la craie; les porphyres noirs ou mélaphyres, qui ont soulevé une partie des Alpes, sont encore antérieurs à ce dépôt; mais la croûte solide du globe n'était pas à l'abri des secousses qui l'avaient tant de fois ébranlée. Des granites paraissent même l'avoir encore percée à cette époque, ainsi que M. de Beaumont l'a ob-

---

(1) Boué, *Guide du Géologue voyageur*, t. II, p. 267.

servé dans l'Oisans. Cependant l'épaisseur de l'écorce terrestre augmentait toujours, et par conséquent les forces nécessaires pour la briser devaient être plus puissantes et leurs effets plus grands. L'apparition des Pyrénées, qui relevèrent sur leurs pentes les diverses assises de la craie, prouve la justesse de cette remarque et termine la longue période géologique qui venait de s'écouler.

Dans quelques endroits, la craie se lie intimement aux terrains tertiaires qui lui sont supérieurs, quoique généralement il semble qu'il se soit écoulé un certain intervalle entre la superposition de ces deux espèces de sédimens.

Nous arrivons à une époque où les saisons avaient une grande influence sur la terre; la chaleur centrale était diminuée et presque détruite par l'épaisseur toujours croissante de la croûte solide du globe, en sorte que les formations tertiaires ou les terrains de sédiment supérieurs se trouvent restreints dans des limites que dépassent les formations inférieures; elles se développent peu au-delà du 50e degré de latitude.

La terre possédait alors une température au moins égale à celle de la zône torride; des pluies très-abondantes versaient sur les continens d'énormes quantités d'eau qui se rassemblait en grands fleuves et offrait sous les zônes tempérées les phénomènes actuels de la zône torride. Ce fut alors seulement que l'on distingua facilement les dépôts d'eau douce de ceux qui se formaient au fond des mers, dans des golfes ou à l'embouchure des fleuves; et l'on voit aujourd'hui avec surprise des couches alternantes dont les unes contiennent des débris d'êtres marins, tandis que les autres sont caractérisées par des restes d'animaux qui habitaient la terre ou les eaux douces.

Le règne organique acquit pendant la période ter-

tiaire des formes tout-à-fait nouvelles; car un grand nombre des anciens types que nous avons signalés dans les formations antérieures ne reparurent plus dans celles-ci. Ce ne fut cependant que long-temps après le dépôt de la craie, que les animaux se montrèrent en grand nombre. L'acide carbonique, qui probablement existait en grande proportion dans l'atmosphère, s'opposa encore à la vie animale, mais les végétaux parurent et prirent alors un grand accroissement; aussi les premiers dépôts du terrain tertiaire sont des argiles qui contiennent d'énormes quantités de lignites qui tiennent lieu des houilles et qui s'en distinguent par les espèces végétales qui sont presque toutes dycotylédones. La différence de pression et de température dut modifier aussi cette formation d'eau douce, riche en succin ou ambre jaune, qui nous a conservé les formes et les caractères d'une multitude d'insectes extrêmement délicats, enchâssés dans l'intérieur des fragmens. Il est très-remarquable qu'après chaque grande précipitation de calcaire il y a eu aussi un dépôt de matières charbonneuses, et immédiatement, prédominance des végétaux sur les animaux.

A ces argiles à lignites succèdent encore quelques calcaires marins, riches en coquilles et en madrépores, et offrant aussi des restes de cétacés. La nature avait déjà montré de la tendance à créer ce type d'animaux pendant la période des grands reptiles; mais c'est ici seulement qu'ils apparaissent bien caractérisés et analogues aux cétacés actuels.

Enfin, pendant la formation du gypse et des diverses assises qui lui sont supérieures, la terre se couvrit d'animaux bien plus ressemblans aux races actuelles.

On vit paraître les oiseaux et les mammifères, vers lesquels tendaient déjà les forces créatrices quand elles

formèrent les plesiosaurus et les ptérodactyles, habitans de l'époque jurassique.

Les mammifères les plus anciens appartiennent aux genres *palœotherium*, *anoplotherium*, *anthracoterium*, *lophiodon*, *chœropotamus*, *adapis*, *vespertilio*, etc. Tous ces animaux étaient herbivores, comme le prouve la conformation de leurs dents; ce n'est que longtemps après que les carnivores sont devenus communs. Les *palœotherium* ressemblaient aux tapirs; le plus grand était de la taille d'un petit cheval, mais il en différait par ses formes lourdes, par ses jambes grosses et courtes, par ses pieds terminés par trois doigts enveloppés chacun par une corne arrondie; il avait, comme le tapir, la queue courte, effilée, le museau allongé, recourbé comme une sorte de trompe. Les autres espèces étaient plus petites, mais toutes, dit Cuvier, devaient avoir le poil ras.

Les *anoplotherium*, quoique ayant aussi la peau épaisse et appartenant par conséquent à l'ordre des pachydermes, avaient un système dentaire qui les rapprochait des ruminans, particulièrement du chameau, et avaient, comme lui, deux doigts renfermés chacun dans une corne. L'espèce la plus commune était presqu'aussi forte que le grand palœotherium; sa queue, dont la longueur dépassait trois pieds, devait, dit Cuvier, lui donner quelque ressemblance avec la loutre; mais loin d'être, comme elle, un animal carnassier, il vivait, comme le rat d'eau ou l'hippopotame, tantôt sur terre, tantôt dans l'eau, où il allait chercher les plantes et les racines dont il se nourrissait; ses oreilles devaient être courtes, car elles l'auraient gêné sous l'eau si elles avaient été longues.

Le *chœropotamus* se rapprochait du cochon. L'*adapis*

était voisin du hérisson, mais plus grand. Un *didelphe* se retrouve aussi à cette époque.

Les *lophiodons*, quoique voisins des palœotherium, avaient des rapports avec le rhinocéros et l'hippopotame. Mais un fait très-essentiel, et que les naturalistes classificateurs ont quelquefois un peu dissimulé, c'est la difficulté de distinguer les espèces de ces différens genres, et quelquefois les genres entre eux. Chaque bassin contient ses espèces propres, qui ne diffèrent souvent des autres que par la taille, et il semble qu'à cette époque de la première création des mammifères, la nature commençait encore, comme à l'époque de l'apparition des reptiles, par des formes indécises que les localités ou les milieux ambians faisaient souvent varier.

Les oiseaux étaient alors beaucoup plus rares que les mammifères, et tous les genres dont on a trouvé des débris existent encore; aussi est-il probable que s'ils ont paru, comme tout semble le prouver, en même temps que les mammifères, ils se sont développés plus tard, et probablement à une époque très-rapprochée des temps actuels. La prédominance et l'extrême sensibilité de leurs organes pulmonaires ne leur ont sans doute pas permis de vivre avant l'entière épuration de l'atmosphère.

Les poissons du terrain tertiaire se rapprochent beaucoup par leurs genres de ceux qui vivent actuellement; mais, à l'exception du petit *salmo arcticus*, qu'on trouve au Groenland, dans des géodes d'argile, M. Agassiz prétend n'avoir pas encore trouvé un seul poisson tertiaire qui ait son identique parfait parmi ceux de nos mers.

Quant aux mollusques, nous avons déjà dit, d'après

les savantes recherches de M. Deshayes, que les espèces actuellement vivantes étaient aux espèces fossiles de ces terrains dans les proportions de 3, 18 et 52 pour 100, selon les étages de cette grande formation.

Les végétaux des terrains tertiaires sont souvent peu reconnaissables; ce sont des lignites contenant beaucoup de troncs d'arbres dycotylédons; ce sont des empreintes de feuilles appartenant aux palmiers et un certain nombre de végétaux d'ordres très-différens. On remarque cependant une végétation qui se rapproche plus de celle qui couvre maintenant la zône équatoriale que de celle qui se développe sous nos climats tempérés.

La période tertiaire a dû être excessivement longue, car les forces créatrices avaient perdu de leur intensité et la croûte solide du globe avait encore augmenté de puissance. M. de Beaumont pense qu'elle a été interrompue par le soulèvement des montagnes de la Corse, des bords de la Limagne d'Auvergne, de la Sardaigne, etc., mouvemens qui ont plus ou moins modifié les créations et les dépôts de cette époque. Il est probable cependant que ces dislocations ne sont pas les seules que ce terrain a éprouvées pendant sa longue formation. C'est pendant et après ces sédimens que les trachytes se sont montrés en nappes ou en filons avec leurs puissans conglomérats; c'est immédiatement après que les basaltes se sont épanchés et ont injecté les dykes, et leurs wackes se mêlent quelquefois aux calcaires supérieurs. Les couches tertiaires, redressées sur quelques points du globe, et notamment à la base des Alpes, ne permettent pas de douter qu'une partie de cette grande chaîne de montagnes ait été soulevée à la fin de cette époque. On conçoit facilement qu'un mouvement aussi considérable, et qui peut-être fut

instantané, ait dû produire de violens bouleversemens dans toute l'Europe; mais si l'on fait attention que des terrains de transport, qui sont horizontaux en quelques points, se trouvent relevés dans d'autres, on sera forcé d'admettre, en suivant toujours la théorie de M. de Beaumont, un second soulèvement d'une autre partie des Alpes, et l'on sait que ce savant considère la prodigieuse élévation du Mont-Blanc comme l'intersection de deux axes de relèvement dont la direction n'est pas parallèle. Voilà donc une double cause de grandes dislocations, double cause de transports plus ou moins violens, auxquels on peut attribuer en partie les dépôts alluviens qui ont succédé à l'époque tertiaire. Tandis que les terrains antérieurs offrent presque tous les caractères de sédimens opérés lentement, mais avec continuité, celui-ci offre les traces évidentes de débâcles, de grands lavages d'eaux courantes dont on parvient assez facilement à reconnaître la direction. Les soulèvemens antérieurs n'ont pu produire les mêmes effets, parce que les eaux couvraient alors une grande partie des terres; les grands continens de l'époque actuelle n'étaient pas encore émergés, et d'ailleurs les dislocations précédentes n'avaient pas l'importance de ces dernières. Des bassins d'eau douce existant au pied des Alpes, comme ceux qui occupent aujourd'hui une partie de leurs vallées, furent violemment déchirés, et leurs flots, entraînés par la pente et chassés par le choc, durent agir avec une énergie que nous pouvons bien difficilement nous représenter.

Il faut rapporter à cette époque les grands terrains d'alluvions qui contiennent des métaux disséminés, et ceux d'Amérique sont peut-être même encore plus récens. Alors brûlèrent aussi de nombreux volcans dont les laves coulèrent dans les vallées que les cours d'eau

venaient de creuser, tandis que des trachytes et des basaltes antérieurs aux débâcles avaient protégé les roches sur lesquelles ils s'étaient épanchés.

Mais les caractères les plus remarquables de cette période géologique sont le transport des blocs erratiques que nous avons déjà étudiés et l'anéantissement de nouvelles races d'animaux qui s'étaient développées entre les terrains tertiaires et ces anciennes alluvions.

Ce ne sont guère que des débris de mammifères qui ont été trouvés dans ces terrains de transport. Ils appartiennent principalement aux genres *elephas*, *mastodon*, *hippopotamus*, *rhinocéros*, *tapirus*, *cervus*, *bos*, *auroch*, *megalonix*, *megatherium*, *hyène*, *felis*, *ursus*, *equus*, etc.

On remarque dans cette liste incomplète un mélange d'animaux herbivores et carnivores, tandis que ces derniers étaient à peine représentés à l'époque des gypses ossifères, et l'on conçoit, en effet, que ceux qui devaient être mangés ont dû vivre avant ceux qui devaient en faire leur nourriture. Il serait aussi fort singulier de voir dans des contrées aujourd'hui très-froides ce mélange d'animaux des tropiques avec les espèces des zônes tempérées, si l'on n'avait vu depuis longtemps que les climats étaient fortement modifiés par l'action de la chaleur centrale qui se propageait par des fentes ou qui s'exhalait par des eaux thermales.

Les espèces actuelles diffèrent généralement de celles que l'on rencontre fossiles, mais les genres sont les mêmes à quelques exceptions près. Parmi ceux qui sont éteints, le plus remarquable était le *megatherium*, dont les restes ont été trouvés au Brésil et au Paraguay.

Cet animal offrait une structure des plus singulières : ses membres étaient d'une force prodigieuse ; ses pieds

antérieurs étaient garnis d'ongles solidement fixés qui lui permettaient de creuser la terre avec facilité, et sa peau était couverte d'une cuirasse osseuse, qui avait quelquefois plus d'un pouce d'épaisseur. Chacun des os de cet énorme quadrupède, dit M. Buckland (1), présente des particularités qui, au premier coup-d'œil, paraissent s'accorder difficilement, mais qui deviennent intelligibles quand on les considère dans leurs relations mutuelles et par rapport aux fonctions de l'animal.

La grandeur du megatherium surpasse plus celle des autres édentés vivans dont il est voisin, que la taille d'aucun autre fossile ne dépasse celle de ses congénères vivans; avec la tête et les épaules du paresseux, il présente, combinés dans ses jambes et dans ses pieds, les caractères du fourmilier, du tatou et du chlamyphorus. Il est même encore plus semblable au tatou et au chlamyphorus en raison de son armure osseuse. Ses hanches sont larges de plus de 5 pieds, et son corps est long de 12 pieds et haut de 8; ses pieds ont un yard ($0^m 914$) de longueur, et sont terminés par les ongles les plus gigantesques; sa queue était probablement revêtue par l'armure commune et beaucoup plus large que la queue d'aucun autre mammifère vivant ou fossile. Ainsi grossièrement taillé et pesamment armé, il ne pouvait ni courir, ni sauter, ni grimper, ni s'enterrer sous le sol; et, dans tous ses mouvemens, il doit nécessairement avoir été fort lent. Mais à quoi eût servi une rapide locomotion à un animal que ses occupations, consistant à déterrer des racines pour s'en nourrir, rendaient surtout

---

(1) *The Bridgewater treatises on the Power, Wisdom and Godness of God, as manifested in the creation.* Treatise VI, *Geology and Mineralogy, etc.*, vol. I, p. 141.

stationnaire? et qu'était-il besoin d'agilité pour fuir ses ennemis, à une créature dont la carcasse gigantesque était enclose dans une cuirasse impénétrable, et qui, d'un seul coup de son pied ou de sa queue, pouvait, en un instant, avoir démoli le couguard ou le crocodile? A l'abri dans l'enveloppe de son armure osseuse, quel était l'ennemi qui eût pu livrer bataille à ce léviathan des Pampas? et à quelle plus puissante créature pouvons-nous attribuer la cause de l'extirpation de sa race?

Parmi les autres espèces dont on retrouve les débris dans les anciennes alluvions, une des plus curieuses est l'*elephas primigenius*, plus connu sous le nom de *mammouth*, et que l'on a rencontré à plusieurs reprises au milieu des glaces de la Sibérie, avec des ossemens de rhinocéros.

Ce sont principalement les rivières qui descendent vers la mer Glaciale qui mettent à découvert le plus d'ossemens de mammouths, parce que, coulant au milieu de vastes plaines sablonneuses ou limoneuses de la Sibérie, elles s'enflent considérablement à l'époque du dégel et entraînent facilement des portions de leurs rives, qui, dans les déchiremens que cause la crue des eaux, emportent ces nombreux ossemens. Cependant il faut dire que partout où, dans ces plaines basses, on creuse un puits ou des fondations, on découvre un grand nombre de ces débris; c'est surtout dans les bassins qu'arrosent la Lena, l'Indigirska, la Kolima, l'Anadir, l'Irtich, l'Angara, la Tongouska, le Khatanga, l'Ob et le Jenissea, qu'on en trouve le plus.

Plusieurs corps de ces mammouths ont été découverts revêtus encore de leur peau et de leur chair. Isbrand-Ides cite une tête dont la chair était corrompue, et un pied gelé gros comme le corps d'un homme de moyenne taille; Jean-Bernard Muller, une défense

dont la cavité était remplie d'une matière qui ressemblait à du sang caillé. Ces faits sont d'autant plus croyables, qu'ils rentrent dans la classe de la découverte du rhinocéros des bords du Wilhoui; mais ce qui leur donne beaucoup de vraisemblance, ce sont deux exemples du plus haut degré d'authenticité. Le premier est la découverte attestée par le voyageur Sarytscheff, d'un éléphant ou mammouth, dont le corps presqu'entier, et revêtu de sa chair, de sa peau et de longs poils, fut trouvé dans une position verticale sur les bords de l'Alaseia, rivière qui se jette dans la mer Glaciale, au-delà de l'Indigirska.

Le second est la découverte plus importante encore d'un mammouth entier, observé par M. Adams, de l'Académie de Pétersbourg, sur les bords de la mer Glaciale, et dont les restes ont été déposés au cabinet impérial de cette ville. Suivant la relation qui en a été publiée en octobre 1807, dans le *Journal du Nord*, et en 1815 dans les *Mémoires de l'Académie de Pétersbourg*, il résulte qu'en 1799 un pêcheur tongouse aperçut, près de l'embouchure de la Léna, une masse informe recouverte de glaces; que, l'année suivante, il vit que cette masse était un peu moins engagée dans les glaçons, mais que, pendant l'été de 1801, il reconnut les flancs charnus et les défenses d'un grand animal que la fonte des glaces avait mis en partie à découvert; enfin, en 1804, les chaleurs ayant été plus grandes et les glaces ayant fondu plus vîte, cette masse vint échouer sur la côte. Le pêcheur enleva les défenses et les vendit; mais M. Adams, qui voyageait alors dans la Russie Asiatique, instruit de cette découverte, se rendit sur les lieux en 1806. Il y trouva l'animal fort mutilé; quelques Jakoutes l'avaient en grande partie dépecé pour en donner la chair à leurs chiens;

les loups et les ours en avaient dévoré le reste; mais, à l'exception d'un pied de devant, le squelette était resté intact. La tête, couverte d'une peau sèche, pouvait donner une idée de celle qui recouvrait le corps, et dont quelques lambeaux se voyaient, ainsi que plusieurs ligamens, sur des parties peu charnues assez bien conservées. M. Adams remarqua, sur une des oreilles restée entière, une touffe de crins; il distingua même la prunelle de l'œil, et, de plus, il retrouva dans le crâne la cervelle desséchée; le cou était garni d'une longue crinière, et quelques portions de peau couvertes de crins noirs et d'une laine rougeâtre, lui prouvèrent que ce mammouth en était entièrement revêtu. En effet, la masse de poils que les chiens et les autres animaux avaient laissés en dévorant les chairs, pesait plus de 30 livres. Cet animal était mâle; ses défenses, que M. Adams retrouva et racheta à Jakutsk, étaient longues d'environ 12 pieds, en suivant leur courbure; une seule pesait 280 livres; sa tête, sans les défenses, en pesait plus de 400. M. Adams observa que l'animal devait avoir une queue très-courte et épaisse; la peau est d'un gris-foncé; elle ne diffère de celle des éléphans des Indes que parce qu'on n'y distingue pas les points bruns qu'on remarque dans la peau de ces derniers. Les poils dont il était couvert sont de trois sortes : les plus longs, qui ressemblent à des crins, ont douze à quinze pouces; leur couleur est brune; d'autres n'ont que neuf à dix pouces, ils sont plus minces et de couleur fauve; enfin, une laine de quatre à cinq pouces de longueur, mais fine et douce, et de couleur fauve-clair, garnissait la racine des autres. Tout annonce donc dans le mammouth un animal destiné à vivre dans une contrée froide, avec le rhinocéros de la même espèce que celui du Wilhoui.

Ce qui doit encore faire supposer que ces animaux pouvaient alors vivre dans le nord, c'est que, de nos jours, des tigres entièrement semblables à ceux des Grandes-Indes, se montrent encore de temps en temps en Sibérie, où l'on en a tué plusieurs d'un taille énorme (1).

Il n'y a donc rien d'étonnant que ces grands animaux, surpris tout-à-coup par les débâcles occasionnées par un soulèvement récent, aient été entraînés à quelques pieds de profondeur dans un sol constamment gelé, où ils se sont conservés jusqu'à nos jours. Les rivières peuvent d'ailleurs les avoir entraînés très-loin et les avoir abandonnés au milieu des sables où le froid vint promptement les saisir. Il faut, dans tous les cas, considérer leur destruction comme l'effet d'une mort violente, et leur grande accumulation comme le résultat d'une action de transport.

Ici se présente une question grave et difficile : l'homme, qui, selon toutes les apparences, a paru un des derniers sur la terre, était-il contemporain de ces grands pachydermes, ou vint-il après leur destruction prendre le sceptre du monde ? La solution n'est pas encore positive. L'absence d'ossemens humains dans les alluvions anciennes fait considérer l'homme comme postérieur à ces grandes débâcles ; telle est du moins l'opinion qui est généralement adoptée ; mais M. Schmerling, bien au fait de la difficulté du problême, et reconnaissant toute l'inexactitude avec laquelle les cavernes ossifères ont été scrutées jusqu'ici, a fini par conclure que les restes humains ont été enfouis dans les entrailles de la terre à la même époque, et par con-

(1) Humboldt, *Fragmens asiatiques*, t. II, p. 388.

séquent par les mêmes causes qui y ont entraîné une masse d'ossemens de différentes espèces d'animaux éteints.

Ses raisons sont que ces ossemens présentent tous les caractères et les variétés de nature ou d'état des os des autres mammifères, et qu'ils ont été trouvés au milieu des débris de rhinocéros, de chevaux, d'hyènes et d'ours, et dans une terre en apparence nullement remaniée.

De plus, ayant eu le bonheur de découvrir dans cette position une tête humaine, il se trouve que, comparée à celle de la race européenne, elle présente des différences de formes qui la rapprochent plutôt du crâne de l'Ethiopien; c'est donc un cas tout semblable à celui offert par les crânes trouvés dans le Lœss, en Autriche, et conservés, soit au Musée de Paris, soit chez M. le comte G. de Rasoumowski, à Vienne (1).

Depuis les derniers événemens qui ont modifié la surface de la terre, les forces extérieures et intérieures ont continué d'agir, les dernières par les volcans, les tremblemens de terre, les eaux thermales, et les autres par l'érosion, les actions de transport et de sédiment. Les forces organiques se développent encore dans la création des îles de coraux, l'enfouissement des forêts, la formation de la tourbe, du terreau, etc. Nous avons étudié avec détail tous les phénomènes de l'époque actuelle, nous terminerons par quelques considérations sur la distribution des êtres organisés.

Cette série de créations successives, ou plutôt ce développement sous des types divers d'une même créa-

---

(1) *Résumé des Sciences Géologiques*, par M. Boué, 1833, p. 437.

tion, dont nous venons de parcourir les phases, nous montre la matière organisée se présentant, dans les premiers âges du globe, sous des formes peu variées, quoique déjà compliquées. Ainsi, une seule famille de plantes (les fougères) fait plus de la moitié de la flore des houillères; plus loin les cycadées et les conifères entrent aussi en très-grande proportion dans la végétation de l'époque jurassique; plus tard, les espèces, les genres, les familles deviennent plus nombreux et plus distincts, jusqu'à l'époque actuelle, où la flore est sans contredit plus variée que pendant le dépôt des sédimens qui se sont succédés depuis les terrains primaires jusqu'à nous.

La même complication a lieu pour les types du règne animal; les zoophites, les mollusques, les crustacés et les poissons, qui ont existé les premiers, s'associent ensuite aux insectes, aux reptiles, aux cétacés, aux mammifères, aux oiseaux, et enfin à l'homme, et tous existent encore, à l'exception d'un certain nombre d'espèces et de genres qui ont péri pendant cette longue traversée.

Il ne paraît pas qu'il y ait eu d'interruption marquée dans la série des créations, ou du moins, si une cause est venue arrêter le développement des forces organiques, elle a été locale, et les êtres antérieurs à l'effet destructeur n'ont pas tous péri pendant son action; ils se sont ensuite modifiés pour s'adapter aux milieux dans lesquels ils devaient vivre, et ceux qui n'ont pu se plier à ces circonstances se sont éteints peu à peu.

L'uniformité de température, indépendante du climat et des saisons dans les premiers âges de notre planète, entretenait aussi à sa surface uniformité de créations, mais peu à peu ont changé et la lumière et la chaleur, l'humidité et la composition de l'atmosphère.

Peu à peu la chaleur centrale a cessé de se manifester au dehors ; des zônes distinctes par leur température et par plusieurs autres caractères se sont établies, et dès que des causes aussi variées se sont fait sentir, les êtres organiques se sont peu à peu habitués à s'y adapter en modifiant leurs organes, et de là est venue cette grande variété d'être vivans qui caractérise notre époque.

Aussi, quoique les couches dont se composent les terrains de sédimens nous révèlent de nombreuses espèces dont elles ont conservé les empreintes ou les débris, nous ne devons pas moins considérer l'état actuel du règne organique comme le plus compliqué qui ait jamais existé, et notre époque comme celle qui présente le plus grand nombre de genres et d'espèces qui se soient jamais montrés ensemble, ou qui aient vécu pendant la même période. Nous devons attribuer cette variété à la longueur de la période géologique pendant laquelle nous vivons, à la position de la terre relativement au soleil, aux inégalités dont sa surface est couverte, et à la composition de l'atmosphère qui l'enveloppe.

Ces causes, isolées ou réunies, modifient singulièrement la distribution géographique des êtres vivans à la surface de la terre, et, à de nombreuses exceptions près, nous retrouvons, en séries horizontales ou en groupes plus ou moins éloignés, des différences aussi grandes que celles qui nous ont été offertes dans la série superposée que nous venons d'étudier.

Les animaux doués de la faculté de se mouvoir, et pouvant émigrer quelquefois très-loin, occupent nécessairement des régions moins déterminées, et dont les limites sont moins fixes que celles des végétaux. Ceux-ci, fixés par leurs racines, et se propageant de proche

en proche par des rejetons ou par des graines, semblent occuper sur la terre de véritables centres de créations autour desquels on les voit se répandre et rayonner, jusqu'à ce que des obstacles invincibles s'opposent à leur développement et à leurs migrations.

A bien considérer la surface de la terre, ses grandes divisions en îles et en continens, la séparation de ces derniers en grands bassins, qui sont quelquefois limités par des chaînes de montagnes couvertes de glaciers inaccessibles à tous les êtres vivans (à quelque partie du règne organique qu'ils appartiennent), on reconnaît bientôt qu'il faut encore admettre, comme cela avait lieu pendant la formation des terrains, des créations locales que des circonstances analogues ont rendues presque semblables sur plusieurs parties du globe. Ainsi le même genre, et plus rarement la même espèce, trouvant, quoique à une grande distance, les mêmes conditions atmosphériques, la même température, le même degré d'humidité, etc., se sont trouvés identiques, parce qu'ils avaient été soumis aux mêmes conditions de développement. Comme il a dû arriver plus souvent, que ces circonstances étaient différentes, les êtres organisés ont aussi présenté des caractères différens. Les genres et les espèces ont été créés analogues et non identiques, et quelquefois avec des différences si légères que nous hésitons pour savoir s'il existe réellement des motifs suffisans de séparation. L'homme produit tous les jours, à son gré, dans ses animaux domestiques, et dans les plantes qu'il cultive, des différences bien plus grandes que celles qu'il considère comme nécessaires pour motiver la séparation en espèces distinctes; et ce qui prouve que ce sont des conditions particulières qui ont déterminé ces modifications, c'est que s'il abandonne ses créations, ou, ce qui est la même

chose, s'il n'entretient pas ces conditions de changement, les anciens types reparaissent. Nous ne pouvons, il est vrai, modifier ainsi tous les êtres vivans; mais aussi il y a bien loin de la puissance de l'homme à celle de la nature, qui a le temps à sa disposition, élément qui nous échappe dans tous nos travaux et dans toutes nos spéculations. Avec le temps, les espèces contractent des habitudes comme les individus, et acquièrent ainsi une grande stabilité qui caractérise surtout l'époque actuelle à cause de sa longue durée. Ce n'est donc qu'avec beaucoup de peine que nous pouvons modifier les êtres organisés, parce qu'ils ont des habitudes d'existence prises depuis long-temps dans les mêmes conditions, et comme les modifications que nous pouvons apporter à leurs formes ou à leurs propriétés ne peuvent être maintenues pendant une période aussi longue, il y a d'abord oscillation entre les caractères ajoutés et les caractères primitifs, et retour vers le premier état. C'est ainsi que des chevaux et d'autres animaux domestiques, transportés par des navigateurs dans des lieux où ils ont échappé à l'état de domesticité, ont repris les caractères du type primitif. Nous voyons, au contraire, le blé cultivé depuis une si longue suite de siècles, qu'il est devenu une espèce constante de notre création, et que nous pouvons à peine retrouver sa souche et sa patrie.

A l'époque où les phénomènes géologiques avaient assez d'intensité pour faire varier plus ou moins rapidement les conditions d'existence des êtres organiques, ceux-ci changeaient d'aspect et de structure pour se conformer aux milieux ambians, et cela d'autant plus souvent, que ces conditions étaient elles-mêmes plus promptement modifiées. Il n'y a donc rien d'étonnant qu'à l'époque actuelle, qui n'offre, depuis des siècles,

aucune modification sensible, les êtres vivans nous présentent un état de stabilité déterminée par les circonstances extérieures.

En admettant, dans un grand nombre de localités, des centres de créations animale et végétale, il faut aussi faire la part de la propagation des espèces par dissémination et par locomotion. Cette dernière faculté n'appartient pas à toutes les espèces d'animaux. Un grand nombre de genres faisant partie des classes inférieures en sont privés, mais aussi on rencontre certaines espèces qui en sont douées à un haut degré : tels sont surtout les oiseaux et les poissons voyageurs, ainsi que plusieurs mammifères, qui peuvent se transporter très-loin et en fort peu de temps, mais ces derniers sont aussi arrêtés par les grands fleuves, par les chaînes de montagnes, par la mer, et cependant quelques espèces se rencontrent dans des îles complètement isolées, où elles n'ont certainement pas été transportées. On remarque aussi dans des rivières séparées par de grandes distances des poissons complètement identiques, et il est bien difficile de se rendre raison de leur présence dans des lieux si éloignés, et de leur parfaite identité, si l'on ne suppose pas qu'ils ont été créés dans chacune de ces localités. Il serait du moins impossible d'admettre que des poissons d'eau douce aient pu traverser une certaine étendue d'eau salée pour remonter ensuite le cours d'un autre fleuve. L'eau salée ferme complètement l'embouchure des fleuves pour la plupart des êtres organisés.

Les reptiles ne sont pas conformés non plus de manière à entreprendre de grands voyages et à surmonter de nombreux obstacles. Leurs régions d'habitation doivent être plus limitées que celles des mammifères et surtout que celles des oiseaux et celles des poissons ma-

rins. Les crustacés, moins encore que les reptiles, ont pu établir au loin de nombreuses colonies. Les insectes attachés aux plantes qui les nourrissent, les coquillages fixés sur les rochers, ou traînant leur pesante enveloppe, les zoophites, dont quelques genres sont complètement immobiles, n'ont pu s'étendre qu'à la manière des végétaux, et ont dû gagner, de proche en proche, jusqu'aux limites qui leur furent assignées par la nature.

L'homme est le seul de tous les êtres du règne animal qui ait pu émigrer jusque sur les points les plus reculés de la terre. En plaçant en Asie le berceau du genre humain, on croit suivre la trace des nombreux essaims qui en sont sortis pour peupler les différentes parties du monde : on croit voir un peuple primitif atteindre directement l'Europe et l'Afrique, passer en Amérique par les îles aléoutiennes plutôt que par le détroit de Bering, gagner la Nouvelle-Hollande par les îles nombreuses qui la séparent de l'Inde, et parvenir de cette grande île sur la Nouvelle-Zélande. Mais que d'illusions dans ce rapide voyage! Qu'il y a loin de l'état des peuples qui habitent la plupart de ces contrées au degré de civilisation qu'ils auraient dû atteindre avant de pouvoir l'exécuter! Que de différences tranchées entre l'organisation de ces peuples, la forme de leur cerveau, leur degré d'intelligence, la couleur de leur peau et une foule d'autres caractères dont les types se sont confondus et mélangés! Nous en ferions autant d'espèces distinctes, si l'homme ne se modifiait pas chaque jour; si, création nouvelle sur la terre, il ne se trouvait pas encore dans des conditions qui permettent le perfectionnement de sa race, sous le rapport moral, plutôt que sous celui de l'organisation physique.

Nous ignorons l'étendue des migrations des peuples,

mais il est bien difficile de croire que l'homme des rives du Mississipi et du détroit de Magellan, que celui du Cap et l'habitant des terres de l'Australie, soient les points extrêmes d'une même création, dont le centre serait situé sous le beau climat de l'Asie.

Le rayonnement des végétaux autour du centre de création éprouve un grand nombre d'obstacles, parmi lesquels se rencontrent d'abord, à quelques exceptions près, ceux qui arrêtent les migrations des animaux. Indépendamment de ceux-là, il en est d'autres qui s'opposent plus directement à la décentralisation des plantes. Telles sont les chaînes de montagnes médiocrement élevées que les animaux franchissent dans certaines saisons, ou même dans toutes, parce qu'ils n'y séjournent qu'un instant, tandis que les plantes qui ne s'emparent du terrain que par un empiètement lent et successif, sont forcées de végeter plusieurs années dans un même lieu, et l'élévation modifiant la température, arrête tout à coup leur marche.

D'autres fois ce sont des lieux marécageux qui s'opposent au passage d'espèces qui ne croissent que dans des terrains secs, ou bien ce sont d'épaisses forêts à l'ombre desquelles ne peuvent vivre des végétaux qui croissent habituellement en plein soleil. L'inverse peut également avoir lieu. Les plantes aquatiques sont aussi confinées dans leurs bassins et dans leurs fleuves, où elles sont emprisonnées comme les poissons par l'eau de la mer qui tue leurs germes ou du moins empêche leur développement. Une propriété assez générale vient, il est vrai, s'opposer aux causes de réclusion que nous venons d'énumérer, c'est la faculté locomotive qui, sans être inhérente à leurs graines, leur est communiquée par une foule d'agens extérieurs. Il suffit d'étudier quelque temps le mécanisme des fruits, la forme

et les appendices des graines, pour se convaincre de la haute prévoyance de la nature et de la sagesse infinie du Créateur.

Beaucoup de graines sont lancées au loin par l'élasticité de leurs enveloppes; mais la plupart d'entre elles sont organisées de manière à être transportées par les vents et les eaux à des distances qui sont quelquefois prodigieuses. Ces espèces n'ont, comme les animaux voyageurs, d'autre obstacle à leur extension que les conditions de température, de sécheresse ou d'humidité, etc., qui sont loin d'être les mêmes sur les différentes parties de la terre, et qui circonscrivent l'étendue de ces sortes de conquêtes végétales.

Peut-être devons-nous voir aussi dans la distribution des êtres organisés quelques phénomènes dépendans de causes géologiques particulières. Ainsi, l'absence des mammifères et de terrains de sédiment sur les nouvelles îles découvertes dans la mer du Sud, tendraient à faire croire au soulèvement récent de ces îles. Le grand nombre d'espèces végétales et animales, communes aux côtes de l'Espagne et de l'Afrique qui se correspondent, pourraient faire supposer une ancienne liaison entre l'Europe et l'Afrique, et l'existence moderne du détroit de Gibraltar. Les mêmes observations, appliquées aux deux rivages de la Manche, amèneraient aussi à conclure, ainsi que nous l'avons déjà fait, que c'est à une époque récente que les Iles Britanniques ont été séparées du continent. Le soulèvement de quelques chaînes de montagnes, l'érosion de plusieurs vallées peuvent avoir été postérieurs à la création de divers corps organisés et peuvent opposer maintenant à leur migration des obstacles qui dans le principe n'existaient pas. Tous ces faits doivent être pris en considération dans l'étude de la distribution des plantes et

des animaux, mais ils ne détruisent pas la nécessité d'admettre plusieurs centres de création.

Aussi, pour les êtres vivans des deux règnes, il existe à la surface du globe des *régions organiques*, souvent caractérisées par des types particuliers qui sont dominans, et impriment leur physionomie à toute la région.

Les actions variées de la température, de l'eau, de la lumière, du sol et de l'atmosphère fixent les limites de ces grandes associations organiques, déterminées par les stations et les habitations des êtres qui les composent.

L'examen attentif des diverses régions organiques vient encore appuyer l'opinion des créations locales; car il arrive souvent que les types sont entièrement différens. Si nous prenons pour exemple la distribution des mammifères, nous verrons que la Nouvelle-Hollande offre des *marsupiaux* qui lui sont particuliers; l'Afrique de nombreux *antilopes*; l'Amérique méridionale est caractérisée par ses singuliers *tardigrades*. Souvent des genres et même des espèces semblent en remplacer d'autres, quoique à de très-grandes distances. Ainsi, les lamas et les vigognes représentent, en Amérique, le chameau et le dromadaire de l'ancien continent; le jaguar y remplace le tigre; le tapir a ses analogues en Afrique et en Asie; les singes de cette dernière partie du monde appartiennent à des genres différens de ceux de l'Amérique équatoriale; le rhinocéros, le lion et l'éléphant d'Asie ont chacun leurs anologues en Afrique. On peut faire les mêmes remarques sur les oiseaux, les reptiles, les insectes, etc. Cette sorte de parallélisme des familles, des genres ou des espèces est surtout sensible pour les végétaux. Les formes majestueuses des palmiers se retrouvent sous les diverses par-

ties de la zône torride, mais dans des genres différens, quoique très-analogues. Les géranium d'Europe sont remplacés par les nombreux pelargonium du Cap; les mimosa aux feuilles entières de la Nouvelle-Hollande sont les équivalens des acacies au léger feuillage des autres contrées du globe; et pour choisir un exemple dans des points plus rapprochés, le scilla lilio-hyacinthus de la France centrale remplace exactement, dans la végétation printanière des forêts, le hyacinthus non scriptus du Nord et de la Belgique. On pourrait multiplier presque indéfiniment ces exemples, mais ils suffisent pour prouver que des conditions d'existence analogues se sont présentées dans des climats très-éloignés, et que les créations produites sous leur influence ont aussi entre elles des rapports d'organisation très-marqués. Il nous est cependant tout-à-fait impossible de démêler les causes qui ont donné lieu aux différences que nous remarquons; ainsi nous ignorerons probablement toujours pourquoi les feuilles des mimosa de la Nouvelle-Hollande sont entières au lieu d'être ailées, pourquoi les feuilles des métrosideros, des eucalyptus et de plusieurs autres plantes de cette contrée nous offrent la même conformation, et quel rapport peut exister entre les conditions qui ont déterminé la structure caractéristique de ces feuilles et celle qui a favorisé le développement des formes anomales de l'ornithorinque et des kanguroos, qui habitent les mêmes lieux. Nous remarquons très-bien toutes ces singularités, mais sans les expliquer.

Le cadre, déjà dépassé, de cet ouvrage ne nous permet pas de décrire chacune des régions organiques, et nous devons même faire l'aveu que nous sommes loin de posséder les renseignemens suffisans pour donner à un travail de ce genre le grand intérêt qu'il devrait

présenter. Les naturalistes ont trop souvent négligé de nous faire connaître les nombreux détails de géographie organique qu'ils étaient à même de recueillir. La géographie botanique est aussi bien plus avancée que la géographie animale.

Quel que soit le nombre des régions ou des principaux centres de création qui existent sur la terre, leur étude a conduit à quelques généralités dont l'exposé va terminer la tâche que nous nous sommes imposée.

On remarque qu'à climats égaux la végétation est différente dans chaque région, et dans ce cas, les régions sont éloignées. Ainsi les diverses parties de l'Amérique et de l'Europe qui se correspondent sous ce rapport, offrent des végétaux différens; mais si l'on porte les graines d'une région dans l'autre, elles réussissent presque toujours et se propagent avec facilité. La même remarque s'applique aux animaux, et nous prouve encore que les créations ont été locales, car on ne comprendrait pas comment des espèces qui s'accommodent actuellement de certaines conditions d'existence, auraient pu périr si leurs types eussent existé.

Un des phénomènes les plus curieux dans la distribution des êtres organisés, c'est leur complication, ou plutôt leur multiplicité, à mesure que l'on avance du pôle vers l'équateur. Ce fait, très-sensible pour les animaux et surtout pour les oiseaux et les insectes, devient encore plus évident pour les plantes. Non-seulement la végétation devient plus variée, mais le nombre des espèces augmente dans chaque genre. Ainsi, en Laponie, où la flore se compose de 610 espèces, les genres renferment, terme moyen, 3 espèces; en Suède, ils en contiennent 4; en France 6. Il y a cependant des exceptions pour les îles, qui semblent avoir une végétation particulière et moins variée que celle des

grands continens. Les Iles Britanniques, qui offrent 1,485 espèces vasculaires, n'ont que 2 espèces $\frac{1}{2}$ par genre; les îles Canaries et Ste-Hélène, 1 $\frac{1}{2}$ et 1 $\frac{1}{3}$ seulement, quoique plus rapprochées que l'Angleterre des régions équatoriales. Depuis l'apparition des êtres organisés sur la terre, les mêmes règles semblent avoir présidé à la distribution des espèces. Aussi la faune et la flore des terrains anciens sont plus simples et moins variées que celles des formations plus modernes; et les espèces ensevelies dans les derniers dépôts de sédiment sont évidemment moins nombreuses que celles qui vivent actuellement à la surface de la terre.

L'élévation au-dessus du niveau de la mer équivaut au rapprochement du pôle, et l'on voit, à mesure que l'on monte sur une montagne, les genres diminuer en espèces, les herbes remplacer les arbres qui végètent à la base, et l'on arrive enfin à une zône glacée qui représente les glaces polaires et qui arrête toute espèce de végétation. Les animaux suivent le même décroissement que les plantes, et à l'exception de quelques oiseaux de haut vol, comme les aigles, les gypaètes, les condors, qui planent sur les hautes cimes du globe, la vie s'arrête à une certaine élévation. Les mammifères sont ceux qui supportent le plus difficilement la diminution de pression atmosphérique. Ils peuvent cependant vivre à une grande élévation. Des bœufs sauvages existent, dit M. de Humboldt, sur la vaste plaine qui entoure le volcan d'Antisana, à 2,700 toises de hauteur absolue; mais la pression de l'air y est si faible, que si on les poursuit avec des chiens, ils perdent le sang par le nez et par la bouche (1). Les chiens, ainsi que

(1) Humboldt, *Tableaux de la Nature*, t. I, p. 181.

l'homme, supportent plus facilement cette faible compression.

Les plantes ne peuvent pas s'élever plus haut que les animaux; le *saxifraga Boussingautii*, découvert sur le Chimborazo, à 2,540 toises, par le savant voyageur dont elle porte le nom, est probablement l'être végétal qui se développe à la plus grande élévation.

Au-dessous de la surface de la mer, les hydrophites et les coquillages diminuent aussi en nombre et en variété, à mesure que l'on s'enfonce; et il arrive un terme, situé à environ 200 mètres de profondeur, au-delà duquel quelques polypiers et quelques plantes marines sont les seuls représentans des nombreuses créatures qui se développent avec tant de vigueur sous la ligne qui joint l'atmosphère et l'océan, ou sur le o de l'échelle des hauteurs et des profondeurs. Au-dessous de 300 mètres, ou de 150 toises, la vie s'éteint complètement ainsi que la lumière. Le décroissement est donc bien plus rapide dans l'eau que dans l'air, puisque les deux termes de l'échelle verticale organique sont situés à 300 mètres au-dessous et à 5,400 mètres au-dessus de o, formant ainsi une série de 5,700 mètres, le long de laquelle sont disposés tous les êtres vivans de l'époque actuelle. C'est donc à la surface de la terre et près de l'équateur que la force organique est le plus intense; elle décroît à la fois en hauteur, en profondeur et en éloignement de la ligne équatoriale, où les deux hémisphères viennent eux-mêmes se joindre par leur base, comme deux énormes montagnes terminées par les glaciers des pôles. Nous voyons aussi, dans les régions équatoriales, les plantes et les animaux acquérir de grandes dimensions. Les plus grands quadrupèdes sont originaires des contrées chaudes du globe, quoique cette règle offre des exceptions. Les plantes li-

gneuses augmentent aussi en nombre d'une manière très-remarquable. Ainsi, en Laponie, on trouve, sur 100 espèces végétales, 1 seul arbre ou arbrisseau ayant plus de deux pieds de hauteur, tandis qu'en France on en trouve 1 sur 80, et à la Guyanne 1 sur 5. Aussi les forêts offrent bien plus de variété sous les tropiques que dans les zônes tempérées. Il semble que dans ces contrées toutes les plantes soient douées d'une certaine vigueur, et qu'elles puissent lutter avec succès les unes contre les autres, tandis qu'en Europe et dans la plupart des contrées tempérées du globe, on voit certaines espèces empiéter peu à peu sur le terrain des autres, les en exclure, pour ainsi dire, par droit de conquête, et former ces grandes réunions d'individus semblables ou de plantes qui vivent en société, comme les bruyères, l'ulex, certains genêts, etc. Ce sont les végétaux les plus robustes qui restent maîtres du terrain, tandis que les autres sont relégués dans des stations particulières ou restent épars au milieu des espèces dominantes. Ces réunions sont plus rares dans les contrées chaudes. On a remarqué aussi que certaines formes végétales appartiennent spécialement à telles ou telles contrées, ou dominent dans sa végétation. Ainsi, à mesure que l'on s'avance vers l'équateur, on voit le nombre des dycotylédons augmenter et prédominer sur celui des monocotylédons, puisque sur une plante appartenant à cette grande division des végétaux, il y a, en Laponie, 2 dicotylédons, 3 en Angleterre, 4 en France, 6 aux Canaries. Les cryptogames vasculaires, tels que les fougères, suivent à peu près la même règle que les dicotylédons, et se multiplient surtout dans les îles équatoriales, tandis que les cryptogames cellulaires, tels que les mousses, les lichens et les champignons, offrent un caractère inverse, et devien-

nent à la fois plus nombreux et plus variés dans les régions pôlaires, où leurs espèces remplacent une partie des autres végétaux qui n'ont pu résister aux influences destructrices de ces froides régions.

On voit par ce qui précède que des lois remarquables par leur généralité, président à la distribution des êtres organiques qui, à l'époque actuelle, couvrent la surface de la terre.

Tout, dans ce moment, paraît calme dans la nature; les forces intérieures sommeillent ou s'éteignent, et nous vivons au milieu d'une longue période de tranquillité. La composition de l'atmosphère et surtout la proportion d'acide carbonique, qui a une si grande influence sur la vie organique, semble devoir rester la même, puisque les animaux forment incessamment, par l'acte de la respiration, celui qui est nécessaire à la nutrition des plantes. Il y a donc équilibre dans la puissance des forces diverses qui modifient l'état actuel du globe. Ces magnifiques harmonies de la nature seront-elles éternelles? La succession des siècles ne viendra-t-elle pas anéantir ces êtres organisés dont la variété et l'élégance décorent notre planète? Dieu le sait. Et nous, auxquels il a donné l'intelligence nécessaire, non pour comprendre ses œuvres, mais pour les admirer, humilions-nous devant sa toute-puissance et respectons son immuable volonté.

FIN.

VOCABULAIRE

DES

TERMES DE GÉOLOGIE

ET

D'HYDROGRAPHIE

CONTENUS DANS CE VOLUME.

Nota. Les chiffres ajoutés à la fin des articles indiquent la page du volume où il en a été question ; en sorte que le Vocabulaire sert en même temps de table alphabétique.

A.

ABIME (de α priv. et βυθὸς, fond). Cavités naturelles ordinairement perpendiculaires ou à bords très-abruptes, toujours très-profondes, vides ou en partie remplies d'eau.

ABYSSIQUE. Épithète donnée par M. Alex. Brongniart aux terrains anciens qui se sont déposés dans le fond de l'ancienne mer et ont comblé ses abîmes.

ACCESSOIRE. *Voyez* Roche.

ACCIDENTEL. *Voyez* Roche.

ACTIONS CHIMIQUES provenant de forces internes. Tome II, page 320. — *Filons*, II, page 321. — *Actions de contact, de sublimation et de dolomisation*, II, page 341. — *Phénomènes de refroidissement et de liquation*, II, page 355. — *Actions organiques*. Page 487.

ADELOGÈNE (ἄδηλος caché, γεννάω produire). On nomme ainsi les roches composées dont les parties constituantes sont trop petites ou trop intimement mélangées pour être visibles à l'œil nu.

AÉROLITHE (ἀήρ air, λίθος pierre). Masses minérales qui tombent de l'atmosphère ou de l'espace.

AGALYSIENS (αγα part. augm., λύσις dissolution). Nom donné par M. Brongniart et M. Omalius d'Halloy aux terrains composés de roches formées par voie de cristallisation confuse.

AGATISÉ. Converti en agate.

AGE et SUPERPOSITION DES TERRAINS, II, page 363. — *Age des soulèvemens*. II, page 249.

AGGLOMÉRAT. *Voyez* Conglomérat.

AGRÉGAT. Réunion de plusieurs fragmens, avec ou sans ciment, à l'époque de leur formation.

AIR. Son action à la surface du globe. Page 337.

ALCALI. Corps qui peut neutraliser les acides, comme la soude, l'ammoniaque, la potasse.

ALLURE. Marche d'un filon dans la roche qu'il traverse. Sa manière d'être considérée dans son ensemble.

ALLUVIAL. Déposé par alluvion. — Terrains très-modernes qui se forment même de nos jours.

ALLUVIENS. On nomme ainsi les terrains modernes composés de débris mécaniquement charriés et déposés dans les vallées et les plaines, même de nos jours, et qui ne portent pas l'empreinte d'un transport violent.

ALLUVION. Substantif qui est presque synonyme de *terrains diluviens*, mais qui se prend dans une acception beaucoup plus générale pour désigner tout dépôt mécanique des eaux répandues sur les continens, d'une manière générale ou dans des localités très-restreintes.

ALLUVIUM. Dépôts actuels des eaux, par opposition à *diluvium*, qui exprime une action semblable, mais plus ancienne et plus générale.

ALUMINIUM. Corps simple peut-être métallique, et qui est la base de l'alumine. Il a été isolé par Wœhler et Œrsted.

AMAS. Les amas sont, comme les filons, de grandes masses minérales non stratifiées, mais de figure irrégulière, ordinairement arrondie ou ovale; ils forment quelquefois une saillie sur la surface du sol, et constituent souvent, dans ce cas, de véritables montagnes à cause de leur puissante extension.

AMBIANT. Qui enveloppe de toutes parts. — *Milieu ambiant*, celui dans lequel un être ou un corps est plongé.

AMMONÉENS. Nom donné par M. Omalius aux terrains de sédimens

anciens, qui sont caractérisés par une grande quantité d'ammonites. *Voyez* Terrain.

AMORPHE (α priv. μορφὴ forme). Qui n'a pas de forme bien déterminée.

AMPELITE. Schiste carburé, tachant les doigts.

AMPHIBOLIQUE. Qui contient de l'amphibole.

AMPHIBOLITE. Brongniart. Roche à base d'amphibole, avec mica, feldspath, grenat, etc.

AMYGDALOIDE (ἀμυγδαλῆ amande, εἶδος ressemblance). On nomme roches *amygdaloïdes* celles qui contiennent dans leur pâte des noyaux divers ayant plus ou moins la forme d'une amande.

ANAGÉNITE. Hauy. (*Grauwake à gros grains.*) Roche fragmentaire, à morceaux plus ou moins volumineux appartenant aux terrains primitifs et liés par des cimens divers.

ANHYDRE (α priv. ὕδωρ eau). Privé d'eau.

ANIMAUX. Leur influence sur la création des terrains. Page 500.

ANSE. Petite baie. Page 3.

ANTARCTIQUE. (ἀντί contre, ἄρκτος ourse), opposé à l'ours. Synonyme d'*austral*, *méridional*.

ANTÉDILUVIEN (Avant le déluge). Epithète appliquée aux terrains antérieurs aux grands dépôts alluviens, et que chaque géologue limite à sa manière. Ce nom s'applique souvent aussi aux espèces organiques actuellement perdues.

ANTICLINALE. On nomme *ligne anticlinale*, ligne de faîte ou de la stratification, la ligne à partir de laquelle les couches plongent dans deux directions opposées. Cette ligne, souvent très-utile à connaître, pour indiquer les dislocations des couches qui ont eu lieu dans une contrée, est assez bien représentée par le faîte d'une maison, quoique rarement elle soit aussi droite.

ANTIMOINE. Corps simple métallique.

ANTHRACITE. Roche combustible composée de charbon presque pur.

ANTHRAXIFÈRE (ἄνθραξ charbon, *fero* porter). Nom donné par M. Omalius à un groupe de terrains de sédiment anciens, qui comprend le terrain houiller et celui qui lui est inférieur.

APHANITE. Hauy. (*Cornéenne*. Dolomieu). Roche à texture terreuse, fusible en émail noir et passant au schiste argileux.

ARCHIPEL (de ἄρχω dominer, πέλαγος mer). réunion de plusieurs îles en un groupe. Page 3.

ARCTIQUE (de ἄρκτος ourse). Synonyme de boréal ou septentrional.

ARDOISIER. Épithète donnée par M. Omalius à un groupe de terrains de sédiment très-anciens, mais superposé aux granites et aux micachistes.

ARÉNACÉ (de *arena* sable). Composé de petits grains séparés et très-peu adhérens.

ARÊTE. Ligne de séparation de deux versans ou de deux bassins. Page 6.

ARGENT. Corps simple métallique.

ARGILEUX. Qui est de la nature de l'argile ou qui en contient.

ARGILOPHYRE. Brongniart. (*Thonporphyr.* Werner). Porphyre argileux des géologues allemands.

ARKOSE. Brongniart. Roche d'aggrégation, à texture grenue et essentiellement composée de gros grains de quarz hyalin et de grains de feldspath, ou laminaire ou compacte. C'est une espèce de grès.

ARSÉNIC. Corps simple intermédiaire entre les métaux et les élémens non métalliques.

ASSISE. S'emploie comme synonyme de *couche*, *strate*, mais désigne plus spécialement de grandes divisions dans un terrain de même nature.

ATTERRISSEMENT. Dépôt généralement irrégulier, formé par les eaux, à des époques récentes. On emploie aussi ce terme, quoique plus rarement, pour désigner d'anciennes alluvions.

AUSTRAL (de αὔω sécher). Situé, relativement à nous, au-delà de l'équateur. — Synonyme de *méridional*.

AVALANCHE. Eboulement de neige, fréquent dans les hautes montagnes.

AZOTE. Corps simple gazeux qui entre pour les 4/5 dans la composition de l'atmosphère.

B.

BAIE. Golfe creusé dans les contours d'une île. On l'applique aussi aux continens. Page 3.

BALLON. Montagne arrondie. Page 245.

BANC. Atterrissement de matières incohérentes qui se forme à l'embouchure des fleuves ou dans la mer. — Couche solide et généralement dure, intercalée au milieu d'autres couches plus tendres. — S'emploie aussi comme synonyme de *couche*, *assise*, *strate*. Page 3.

BARIUM (de βάρος pesanteur). Corps simple, radical de la baryte, isolé, par H. Davy.

BARRE. Banc de sable déposé à l'embouchure d'un fleuve ou d'une rivière. — Lame d'eau qui remonte avec rapidité le cours d'un fleuve.

BASALTE. Roche volcanique noire, à base de pyroxène et fondant en noir au chalumeau.

BASANITE. Brongniart. Roche à base de basalte, contenant des cristaux divers de *pyroxène*, de *péridot*, de *mésotype*, etc.

BASSIN. Large vallée plus ou moins profonde, vide ou remplie d'eau. — Plaine entourée de points plus élevés. — *Bassins* ou *régions hydrographiques*. Page 45.

BERGE. Rive escarpée d'un cours d'eau. Page 5.

BISMUTH. Corps simple métallique.

BITUMES. Corps combustibles, très-hydrogénés et très-carbonés, qui sortent de divers terrains et qui sont amenés aussi par des sources minérales.

BLOC. Masse de rochers de nature diverse, mais toujours volumineuse et détachée du sol sur lequel elle repose. — *Blocs erratiques;* leur dépôt, leur origine. Page 435.

BORE. Corps simple non métallique, découvert en 1808 par M. Gay-Lussac.

BORÉAL. Qui appartient au nord, qui se trouve au nord ou fait partie du nord. Synonyme de *septentrional, arctique*.

BRAS-DE-MER. Synonyme de *détroit*.

BRÈCHE. Roche composée de parties anguleuses de diverses grosseurs, réunies par un ciment.

BROME. Corps simple non métallique, découvert en 1826 par M. Balard.

C.

CADMIUM. Métal découvert en 1818 par Stromeyer et Hermann.

CAILLOU. Fragment de roche, généralement arrondi par les eaux et peu volumineux.

CALCAIRE. Roche composée de carbonate de chaux, quel que soit son état et sa texture. — Ex. : le marbre, la craie, etc.

CALCIPHYRE. Brongniart. Roche à pâte calcaire enveloppant des cristaux de feldspath, de pyroxène, etc.

CALCIUM. Corps simple métallique, radical de la chaux et très-répandu dans la nature à l'état de combinaison. Il a été isolé par Davy.

CALSCHISTE. Brongniart. (*Variété de thonschieffer*). Schiste argileux avec calcaire.

CAP. Prolongement d'une langue de terre dans la mer. Page 2.

CARBONE. Corps simple très-abondamment répandu dans les trois règnes.

CASCADE. Chute d'eau généralement peu considérable. Page 5.

CATACLYSME (κατὰ à travers, κλύζω laver). Déluge, inondation produite par un bouleversement violent.

CATARACTE (κατὰ en bas, ῥάσσω rompu). Cascades des grands fleuves. Chute d'eau dans laquelle le liquide s'élance brusquement sans glisser sur la pente du sol. Page 5.

CAVERNE. Grotte ou cavité souterraine plus ou moins étendue, page 294. — Courans d'air froid qui les traversent, page 322. — Cavernes à ossemens, page 391.

CERIUM. Métal découvert en 1804 par Berzélius et Hisinger.

CHAINE. On dit que les montagnes forment une *chaîne* quand elles sont réunies par séries au lieu d'être groupées.

CHALEUR CENTRALE. II, page 5.

CHLORE (χλωρὸς vert). Corps simple gazeux découvert par Schéele en 1774, et considéré d'abord comme *acide muriatique suroxigené*.

CHROME (χρωμα couleur). Métal découvert en 1797 par Vauquelin.

CHUTES D'EAU, page 63. Leurs diverses espèces, page 63.

CIME. Partie supérieure d'une montagne.

CIMENT. Pâte de certaines roches composées de fragmens réunis et collés par un ciment.

CIPOLIN. Brongniart. Roche à base de calcaire saccharoïde, renfermant du mica ou du talc.

CIRQUES. Bassins arrondis, ou terminaison de vallées qui vont ensuite en s'amincissant, à mesure qu'elles s'éloignent de leur origine. Page 253.

CLASTIQUE (κλαστάω casser). Épithète donnée par M. Brongniart à deux groupes de terrains, les uns clysmiens, les autres thalassiques tritoniens, qui, dans leur position et dans leurs parties, présentent tous les caractères de fracture.

CLYSMIEN (κλύζω laver). Nom donné par M. Brongniart aux terrains de transport et d'atterrissement, qui sont évidemment formés mécaniquement par l'eau.

COBALT. Corps simple métallique.

COL. Échancrures de la crête dans les chaînes de montagnes. Elles

servent de passage et sont souvent l'origine des vallées transversales. Page 246.

COLLINE. Montagne peu élevée. Page 245.

COLUMBIUM. Corps simple métallique. *Voyez* TANTALE.

COMBINAISON. Réaction de deux ou plusieurs corps les uns sur les autres, de manière qu'ils se confondent en un seul différent des deux composans, dont les propriétés disparaissent souvent en tout ou en partie.

CONCRÉTION. On donne ce nom aux minéraux composés de couches superposées, qui se sont formées lentement et successivement.

CONCRÉTIONNÉ. Formé par dépôts successifs. Exemples : Les *stalactites*, l'*hyalite*, l'*hématite*, etc.

CONFLUENT. Point de jonction de deux cours d'eau. Page 7.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES. Sur le rapport de la terre et des eaux, page 1. — Sur les cours d'eau, page 69. — Sur les lacs, page 102. — Sur les mers, page 168. — Sur les forces agissantes extérieures et organiques, et sur le dépôt des terrains de sédimens, page 509. — Sur les eaux minérales et sur leurs dépôts. II, page 52. — Sur la théorie des volcans et des soulèvemens. II, page 301. — Sur la vie organique. II, 468.

CONTINENT. Grande étendue de terrains non divisée par des bras de mer. Page 2.

CONTINENTAL. Qui appartient aux continens. — *Eaux continentales.* Celles qui coulent à la surface des continens ou qui y sont enclavées.

CONTRE-COURANT. Courant qui marche en sens contraire d'un autre.

CONTREFORT. Petites montagnes ou collines qui viennent s'appuyer contre une chaîne plus élevée, en formant avec elle un angle droit.

CONTREMPREINTE. Apparence qui a lieu quand un corps fossile, ayant disparu par une cause quelconque, une matière étrangère inorganique s'est infiltrée et moulée entre le moule et l'empreinte, de manière à représenter très-exactement le corps fossile lui-même.

CONTRE-PENTE. C'est le versant le plus abrupte d'une chaîne de montagnes.

COQUILLIER. Qui renferme des coquilles fossiles. — Se dit des roches et des terrains.

COSMOGENIE (κόσμος univers, γίνομαι naître). Branche de la physique générale qui s'occupe des hypothèses relatives à l'origine et à formation de l'univers.

COSMOGONIE (κόσμος univers, γονή origine). Théorie ou hypothèse sur la formation de l'univers.

COSMOGRAPHIE (κόσμος univers, γράφω écrire). Description de l'univers tel qu'il s'offre à nos sens.

COSMOLOGIE (κόσμος univers, λόγος discours). Ensemble de tout ce que nous savons sur l'univers tel qu'il est, ou sur son origine.

COSMONOMIE (κόσμος univers, νόμος loi). Science qui s'occupe des grandes loi qui régissent l'univers.

COTES. Page 2.

COUCHES. Masses minérales généralement aplaties, d'épaisseur et de direction très-variables, dont l'ensemble forme les terrains de sédiment qui se sont déposés sur la terre. Pages 265 et 275. — *Couches indépendantes et subordonnées.* Page 279.

COULEUR DES EAUX. Page 184.

COURANT. Cours d'eau qui au lieu de se mouvoir à la surface des continens, coule au milieu même des eaux dormantes de la mer ou contre ses rivages. Sa vîtesse est plus ou moins grande. — *Courans d'air froid.* Page 322. — Leur origine et leur cause, page 326.

COURS D'EAU. Page 44. — Leur température et la composition de leurs eaux, page 66. — Considérations générales sur leur force, leur ancienne puissance et leur intensité actuelle, page 69. — Leur action à la surface du globe, page 351. — Action érosive, page 353. — Action pendant le transport des matériaux, page 360. — Action créatrice, ou dépôts des cours d'eau, page 363. — Dépôts riverains, page 364. — Dépôts lacustres, page 366. — Delta, page 368. — Leurs dépôts dans l'intérieur du sol, page 391.

CRATÈRE (κρατὴρ coupe). Cavité en forme d'entonnoir, de coupe ou de bassin, que l'on remarque au sommet, sur les flancs ou à la base des montagnes ignivomes. C'est par là que s'échappent les matières gazeuses et pulvérulentes, et quelquefois les laves. — *Cratère de soulèvemens.* II, page 255.

CRÉTACÉ. On donne cette épithète aux terrains dont la craie forme la base.

CRÊTE. Ligne de faîte d'une chaîne de montagnes. Elle est ordinairement interrompue par des cols.

CRIQUE. Les marins donnent ce nom à de très-petites baies.

CRISTAL. Corps régulier terminé par des facettes planes et unies, disposées symétriquement les unes par rapport autres.

CRISTALLISATION. Variations de forme dans les cristaux. Pag. 473. — *Cristallisation de l'eau*, page 197.

CRISTALLISÉ. Qui présente les caractères des cristaux. On nomme terrains cristallisés, roches cristallisées, ceux qui sont formés de minéraux durs à structure cristalline, quoique les cristaux se pénètrent et se confondent.

CRUES PÉRIODIQUES DES FLEUVES. Page 56.

CUIVRE. Corps simple métallique.

CULOTS. Ce sont spécialement des amas de matières volcaniques, qui affectent assez généralement des formes coniques plus ou moins abruptes, et privés, d'ailleurs, des pouzzolanes, des cendres, des coulées de laves qui accompagnent les buttes volcaniques ordinaires.

D.

DÉCOMPOSITION DES ROCHES. Page 445.

DÉFILÉ. Page 253.

DÉGAGEMENS DE GAZ. II, page 69.

DÉGEL. Passage de l'eau de l'état solide à l'état liquide.

DÉJECTION. Nom que l'on donne en général à l'ensemble des matières rejetées pendant les éruptions volcaniques.

DESAGRÉGATION. Séparation des diverses parties d'un minéral ou d'une roche composée, produite par le temps, la décomposition, l'influence des agens atmosphériques ou des réactions chimiques ou électriques.

DÉTRITIQUE. Epithète donnée par M. Brongniart et adoptée par beaucoup de géologues pour désigner un groupe de terrain postérieur à la dernière révolution du globe. Il est composé de débris de roches et de corps organisés.

DÉTROIT. Bras de mer resserré entre deux côtes, et qui établit une communication entre deux mers. Page 2.

DILUVIEN, TERRAINS DILUVIENS. *Voyez* Diluvium. — *Courans diluviens.* Grands courans d'eau accidentels, qui ont raviné la terre et charrié une grande quantité de débris. On suppose qu'ils provenaient de soulèvemens partiels ou de la fonte des neiges et des glaces amoncelées sur des points subitement échauffés par des phénomènes géologiques.

DILUVIUM. Le professeur Buckland donne ce nom à un dépôt de composition variée que l'on retrouve sur une certaine étendue de la surface du globe. Il l'attribue à une grande inondation marine postérieure au dépôt des terrains de sédiment supérieurs. — La plupart des géologues nomment *diluvium* les terrains d'alluvion anciens.

DIORITE. Hauy (*Grunstein*, Werner.—*Granitel*, Galitz.—*Ophite*, Palass. — *Chloritin*, Habelé). Roche d'amphibole et de feldspath.

DOLÉRITE. Hauy, Léonh (*Flolz grunstein et graustein*). Roche essentiellement composée de feldspath et de pyroxène.

DOLOMIE. Chaux carbonatée magnésifère.

DOLOMISATION. Pénétration des roches par la magnésie. Ce nom semble s'étendre à toutes les pénétrations différentes auxquelles les diverses espèces de roches sont exposées. II, 341.

DOMITE. de Buch. Sorte de trachyte terreux, à base de feldspath, avec quelques cristaux disséminés.

DRUSE (de δρύω cacher). Cavités que l'on rencontre dans les roches et qui sont ordinairement tapissées de cristaux, dont les axes convergent vers le centre de la cavité.

DUNE. Colline de sable mobile que les vents accumulent et poussent à l'opposé du point d'où ils soufflent ordinairement.

E.

EAU. Combinaison d'oxigène et d'hydrogène. — Ses propriétés, page 8. — Eaux sauvages, page 4. — Couleur et physionomie des eaux, page 180. — Eau cristallisée ou solide, page 196. — Eaux souterraines, page 306.

EAUX MINÉRALES. II, page 14.—Volume et intermittence de leurs eaux. II, page 17. — Leur température. II, page 25. — Leur composition. II, page 30. — Leur classification. II, page 35. — Leur origine. II, page 97. — Leur dépôt, II. Page 52.

EBOULIS. Accumulation de débris non disposés en couches régulières et souvent adossés aux montagnes dont ils proviennent. Ils sont toujours très-modernes.

ÉCHO (ἦχος son). Répétition du son renvoyé par un corps. — Lieu dans lequel on observe ce phénomène.

ECLOGITE. Hauy, Léonh. Roche de diallage et de grenats.

ECUEIL. Saillie du sol qui s'élève peu au-dessus des eaux, ou qui plus souvent reste cachée au-dessous des flots. Page 3.

EFFLORESCENCE. Apparition de certains sels qui viennent cristalliser à la surface du sol ou des rochers, quand les matières qui les contenaient ont été privées de l'eau qui les retenait en dissolution dans leurs interstices.

ÉLÉMENT. Corps simple ou indécomposé, mais qui est censé indécomposable.

EMBOUCHURE. Page 7.

ÉMERGÉ. Elevé au-dessus de l'eau. — Opposé de submergé.

ENHYDRE (de εν dedans ὕδωρ eau). Qui renferme de l'eau en dedans. — Opposé de *anhydre* qui n'en contient pas.

ENTONNOIRS. Cavités dont le diamètre diminue à mesure que la profondeur augmente, et qui contiennent, donnent ou reçoivent de l'eau. Page 20.

ENZOIQUE (de εν dedans ζῷον animal). Les terrains enzoïques sont ceux dans lesquels on rencontre une grande quantité de débris fossiles d'animaux.

EPIGÉNIE (de ἐπὶ sur γεννάω naître). Changement chimique qui s'opère dans un minéral cristallisé ou dans un corps quelconque, sans que la forme soit altérée. Tantôt c'est un principe qui disparaît, quelquefois un qui s'ajoute, plus souvent il y a changement ou substitution. Page 483.

EPIZOIQUE (ἐπὶ sur ζῷον animal). Epithète donnée par M. Brongniart aux terrains primordiaux cristallins supérieurs à des terrains contenant des corps organisés.

ERRATIQUE. On nomme *blocs erratiques* des masses minérales assez volumineuses éloignées de leur gisement primitif et situées sur des terrains entièrement différens.

ERUPTION. Ensemble des phénomènes volcaniques qui se manifestent au dehors.

ESCARPEMENT. Coupe perpendiculaire d'une montagne. On étend cette dénomination à toutes les pentes très-abruptes.

ETANG. Pièce d'eau artificielle. Page 75.

ETAIN. Corps simple métallique connu de toute antiquité.

EUPHOTIDE. Hauy. (*Gabbro*, de Buch, Léonhard). Roche de jade, de pétrosilex ou de feldspath, avec cristaux de diallage.

EURITE. d'Aubuisson. (*Klingstein*, Werner). Roche de pétrosilex, grisâtre, verdâtre ou jaunâtre, renfermant des grains de feldspath laminaire et souvent du mica.

F.

FAILLE. Fractures au milieu des couches ou des terrains. Elles peuvent être vides ou remplies.

FAITE. Ligne de jonction de deux versans d'une chaîne de montagnes. C'est le point de partage des eaux; c'est la ligne qui sépare les bassins hydrographiques.

FALAISE. Rivage escarpé. Page 2.

FALUN. Terrain d'alluvion, composé de coquilles ou de corps marins brisés et n'ayant entre eux qu'une faible adhérence.

FER. Corps simple métallique.

FEU CENTRAL. II, page 5. — Feux naturels. II, page 74.

FEUILLETS. Subdivision des couches de terrain en petites couches beaucoup plus minces. Structure de disgrégation en feuillets.

FLEUVE. Cours d'eau alimenté par plusieurs rivières navigables et qui se jette dans la mer, page 5, 45. — Leur nombre, page 46. — Leur divergence, page 48. — Leurs oscillations, page 48. — Leur longueur, page 49. — Leurs affluens, page 49. — Leur largeur, page 50. — Leur profondeur, page 51. — Quantité d'eau qu'ils charrient, page 52. — Leur vîtesse, page 53. — Pente de leurs eaux, page 54. — Leurs crues périodiques, page 56. — Leur embouchure, page 59. — Lutte de leurs eaux contre celles de l'Océan, page 61.

FLUOR. Corps simple, radical de l'acide fluorique.

FLUX et REFLUX. Mouvement oscillatoire des eaux de l'Océan.

FILON. Masse pierreuse ou métallifère qui traverse un terrain ou une masse de roches. II, page 321. — *Filons d'injection.* II, page 322. — *Filons de dépôts.* II, page 325. — *Origine des filons de dépôt.* II, page 336. — *Filons-couches.* Ce nom a été donné par Desmarest à des masses minérales qui ont un certain rapport avec la stratification des roches. Cette dénomination expressive, par rapport à celles des filons-fentes, mérite d'être adoptée, d'autant plus qu'elle dépeint parfaitement la manière d'être de ces masses, qu'on ne peut d'ailleurs confondre avec les véritables couches métallifères bien suivies, que l'on rencontre dans les formations primitives et secondaires; car elles ne suivent pas, comme celle-ci, constamment l'allure de l'ensemble des assises encaissantes. (Fournet.)

FISSILE. Qui a de la tendance à se diviser en feuillets.

FISSURE. Joint de séparation entre deux couches de terrain ou entre les feuillets d'une même couche.

FORCES AGISSANTES, ou CRÉATRICES à la surface de la terre. Page 331. — Extérieures, page 336. — Actions mécaniques, page 336. — Action de l'air, page 337. — Action des météores aqueux, page 345. — Action des sources, page 347. — Action des cours d'eau, page 351. — Action érosive, page 353. — Action pendant le transport des matériaux, page 360. — Action créatrice, ou dépôts des cours d'eau, p. 363. — Dépôts riverains, page 364. — Dépôts lacustres, page 366. — Delta, 368. — Dépôts formés dans l'intérieur du sol, 391. — *Forces créatrices des eaux de la mer*, page 409. — Action des marées, page 409.

Action des vagues, page 411. — Action des courans, page 417. — Action réunie des marées, des vagues et des courans, page 418. — Action de l'eau solide, page 430. — Dépôt des blocs erratiques, page 435. — Actions chimiques, page 444. — Destructrices, page 444. — Créatrices, page 461. — Simples dépôts, page 462. — Stalactites et concrétions, page 465. — Réactions chimiques et électro-chimiques, page 470. — Variations de forme dans les cristaux, page 473. — Nitrification, page 479. — Remplacemens ou épigénies, page 483. — ACTIONS ORGANIQUES, page 487. — Végétales, page 487. — Animales, page 500.

FORCES AGISSANTES INTÉRIEURES. II, page 1. — Chaleur centrale. II, page 1. — Phénomènes divers produits par les forces intérieures. II, page 13. — Eaux minérales. II, page 14. — Volume et intermittence des sources thermales. II, page 17. — Leur température. II, page 25. — Composition de leurs eaux. II, page 30. — Origine des sources minérales. II, page 37. — Dépôts formés par les eaux minérales, réactions opérées par elles. II, page 52. — Dégagemens de gaz. II, page 69. — Tremblemens de terre. II, page 89. — Volcans. II, page 130. — Éruptions volcaniques. II, page 132. — Bruits souterrains. II, page 135. — Émanations gazeuses. II, page 137. — Éjections de sables, cendres, etc. II, page 138. — Éruptions de lave. II, page 146. — Quelques phénomènes dépendant des éruptions volcaniques. II, page 155. — Distribution géographique des volcans. II, page 162. — Bouches volcaniques centrales. II, page 167. — Volcans dans l'intérieur des continens. II, page 190. — Chaînes volcaniques. II, page 191. — Soulèvemens. II, page 230. — Soulèvemens des temps historiques. II, page 232. — Age des soulèvemens. II, page 249. — Soulèvemens centraux, ou cratères de soulèvemens. II, page 255. — Soulèvemens linéaires. II, page 273. — Considérations générales sur la théorie des volcans et des soulèvemens. II, page 301. — Sur quelques actions chimiques, dépendantes de la chaleur centrale. II, page 320. — Des filons en général. II, page 321. — Filons d'injection, II, page 322. — Filons de dépôt. II, page 325. — Origine des filons de dépôt. II, page 336.

FONTAINE. Synonyme de *source*.

FOSSILE. Corps organisé enfoui dans les différentes couches du globe. Page 285. — Nature minérale des fossiles, page 289. — Leur gisement dans les couches, page 290. — Leur distribution, page 292.

FORMATION. Ensemble de couches ou de terrains déposés pendant des circonstances semblables, et sans interruption. Page 282.

FRAGMENTAIRE. Qui peut se réduire facilement en fragmens. — *Roche fragmentaire*. Celle qui paraît composée de fragmens plus ou moins volumieux, de même nature ou de nature différente, et réunis par un ciment.

FUMEROLE ou FUMAROLLE. Crevasses du sol desquelles s'échappent des gaz, de la fumée ou de la vapeur d'eau.

G.

GALET. Fragment de roche arrondi par le frottement et transporté par les eaux.

GUANGUE. Minéral enveloppant celui que l'on recherche ou que l'on exploite. C'est en général la matière pierreuse qui enveloppe les métaux dans les filons.

GEISER. II, page 17.

GÉODE. Masse minérale creusée à l'intérieur et tapissée de cristaux. Cavités des roches garnies de cristaux.

GÉOGÉNIE (de γῆ terre et γεννάω produire). Étude de la création de la terre et des causes qui ont présidé à l'arrangement et à la structure des roches et des matériaux dont elle est composée.

GÉOGNOSIE (de γῆ terre et γνῶσις connaissance). Étude de la terre et principalement de ses roches, de leur structure et de leur composition, de leur arrangement et de leur superposition. C'est en quelque sorte la géologie positive en faisant abstraction des diverses hypothèses dont s'occupe plus spécialement la *Géogénie*.

GÉOLOGIE (γῆ terre et λόγος discours). Étude de la terre dans le sens le plus étendu, comprenant à la fois la *Géognosie* et la *Géogénie*. Page 241.

GÉONOMIE (γῆ terre, νόμος loi). Etude des lois qui président aux changemens qui s'opèrent ou se sont opérés à la surface du globe.

GISEMENT. Manière d'être d'un minéral dans le sein de la terre.

GITE. Gisement des matières que l'on exploite pour l'industrie. *Voyez* FILONS, AMAS.

GLACE. Eau solide ou cristallisée. Page 196. — Glaces accidentelles, page 197. — Glaces polaires, page 221. — Nature de la glace polaire, page 222. — Son aspect et son origine, page 223. — Situation des glaces polaires, page 229. — Leurs mouvemens, page 232. — *Glace*. Son action destructrice et créatrice. Page 430.

GLACIER. Amas de neige endurcie qui reste pendant toute l'année sur les montagnes. Page 216.

GLACIÈRE. Cavité naturelle du sol, dans laquelle la glace se forme ou se conserve.

GLAUCONIE. BRONGNIART (*Craie chloritée*). Roche à texture grenue, composée de calcaire et de grains verts.

GLUCIUM. Corps simple métallique, obtenu la première fois par Woehler.

GNEISS. Roche de feldspath et de mica, contenant souvent du quarz et offrant plus ou moins la structure schisteuse.

GOLFE. Echancrure plus ou moins profonde du rivage, dans laquelle la mer s'avance. Page 2.

GOMPHOLITE (*Nagelflue* ou *poudingue calcaire*). Poudingue à ciment calcaire.

GORGE. Vallée profonde et resserrée, souvent terminée par un cul-de-sac ou bassin.

GOUFFRE. Cavité profonde à parois presque perpendiculaires, contenant souvent de l'eau et en laissant même échapper. Page 20.

GRANITE. Roche composée de quarz, feldspath et mica.

GRANITOIDE. Qui ressemble au granite, par la structure principalement.

GRAUWAKE. *Voyez* Psammite. Arkose.

GRAVIER. Dépôt d'alluvion, composé de grains moyens, et formant l'intermédiaire entre le sable et les couches de galets.

GRÈS. Roche à texture grenue, composée de grains plus au moins agglutinés.

GRÈVE. Espace uni et souvent sablé sur le bord de la mer, d'un fleuve ou d'une rivière.

GROTTE. Synonyme de *caverne*.

H.

HÉMYLISIEN (ἥμισυς demi, λύω dissoudre). Nom donné par M. Brongniart à des terrains formés en partie par voie de sédiment, et en partie par voie de dissolution chimique.

HÉMITHRÈNE. Brongniart. Roche composée d'amphibole et de calcaire.

HYALOMICTE. Brongniart. (*Greisen*, Werner.) Roche de quarz hyalin et de mica, à structure grenue.

HYDROGÈNE. Corps simple gazeux qui entre dans la composition de l'eau et de toutes les matières végétales et animales.

HYDROGRAPHIE. Page 1.

I.

ILE. Terre qui s'élève au-dessus des eaux et qui en est entourée de toutes parts. Page 2.

IMMERGÉ. Plongé sous l'eau. — Opposé d'*émergé*.

IODE. Corps simple non métallique, découvert en 1813 par COURTOIS.

IRIDIUM. Métal découvert en 1803 par TENNANT.

ISOCHRONE (ἴσος égal, χρονος temps). Qui se fait dans le même temps.

ISOMÈRE. (ἴσος égal, μερος partie.) M. DE BONNARD nomme ainsi des roches à fragmens anguleux, réunis par aggrégation cristalline, et non par ciment.

ISOMORPHISME. (ἴσος égal, μορφὴ forme). Phénomène découvert par M. MITSCHERLICH, et qui consiste en ce que des corps composés d'élémens différens, mais d'atomes en nombre égal et combinés de la même manière, affectent la même forme cristalline. Les corps qui peuvent ainsi se remplacer sont appelés *isomorphes*.

ISTHME. Langue de terre qui unit deux continens ou qui réunit une presqu'île au continent. Page 2.

J.

JOVIEN. M. BRONGNIART donne cette épithète à la période *postdiluvienne* qui comprend tous les phénomènes géologiques des temps historiques.

JURASSIQUE. On donne cette épithète à une grande formation de calcaires et de marnes, postérieure au calcaire alpin et aux marnes irisées, mais antérieure à la craie.

K.

KEUPER. Nom allemand des marnes irisées.

KLINGSTEIN. Phonolite. Espèce de trachyte compacte et sonore.

L.

LAC. Amas d'eau douce ou salée plus ou moins étendus. Page 6, page 75. — Leur classification, page 76. — Leur forme st leur étendue, page 84. — Leur température, page 86. — Composition de leurs

eaux, page 88. — Des seiches ou marées des lacs, page 91. — Considérations générales sur leur ancienne étendue, sur l'abaissement de leurs eaux, sur leur disposition étagée, etc., page 102. — mares, page 75.

LACUSTRE. Formé dans les lacs.

LAGONIS. II, page 40.

LAGUNE Flaque d'eau dans un terrain marécageux.

LANDE. terrain plat, arénacé, souvent stérile.

LAVE. Amas collectif de toutes les matières fondues qui s'échappent des volcans.

LEPTINITE. (λεπτύνω amincir). *Amansite*, Gerh; *granatite*, Léonh. Nom donné par Hauy à une variété de feldspath, que son état d'atténuation rend semblable à du grès.

LEUCOSTINE. de Lametherie, Cordier. (*Phonolite*, *klingstein*). Roche volcanique à base de pétrosilex, enveloppant des cristaux de feldspath.

LIASIQUE. Terrain dont le lias fait la base.

LIGNITES. Amas de bois décomposés, plus ou moins altérés.

LIMON. Terre alluviale et argileuse, composée de particules très-fines.

LIQUATION. Opération de fusion, pendant laquelle deux corps inégalement fusibles et mélangés peuvent se séparer plus ou moins complètement surtout en se refroidissant. — *Liquation* considérée relativement au refroidissement des roches. II, page 355.

LITHIUM. Nouveau métal aperçu par Davy.

LYSIEN. (λύω dissoudre). M. Brongniart a désigné ainsi des terrains formés par voie de dissolution chimique.

M.

MACIGNO. Roche d'agrégation, principalement composée de quarz sableux, de mica et de calcaire. C'est un grès calcarifère.

MAGNESIUM. Métal obtenu par Davy, et qui fait la base de la magnésie.

MANGANÈSE. Métal découvert par Schéele et Gahn en 1774.

MARAIS. Terrain imbibé et couvert d'eau peu profonde, à travers laquelle végètent des plantes ordinairement très-nombreuses. Pages 5 et 95. — Leur étendue, leur influence sur l'état sanitaire des populations. Page 96.

MASCARET. Lutte de la marée contre les flots de la Dordogne.

MASSIFS ou roches non stratifiées.—Opposé de couches. Page 271.

MATIÈRES SALINES. Leur origine dans l'eau de la mer et des grands lacs. Page 164.

MÉDITERRANÉ. Qui est enfermé au milieu des terres. *Mer Méditerranée.* Page 2.

MÉLAPHYRE. Brongniart. (*Porphyre, trap-porphyr.* Werner.) Roche à pâte d'amphibole pétrosiliceux empâtant des cristaux de feldspath.

MER. Ensemble des eaux salées répandues à la surface du globe. Page 6 et 114. — Leur distribution géographique, page 115.—Océan, page 115. — Méditerranées, page 117. Caspiennes, page 119. — Mouvement des mers, page 119. — Courans, page 120 — Cause des courans, page 137. — Profondeur de la mer, page 147. — Température de ses eaux, page 149. — Leur composition, page 157. — Origine du sel dans l'eau de mer, page 164. — Considérations générales sur les mers, page 168. — Couleur de leurs eaux, page 184. — Leurs phénomènes, page 191.— Force créatrice des eaux de la mer, page 409. — Action des marées, page 409. — Des vagues, page 411. — Des courans, page 417. — Action réunie des marées, des vagues et des courans. Page 418.

MERCURE. Corps simple métallique, le seul des métaux qui soit liquide à la température ordinaire. Il ne se solidifie qu'à—39° centigrades.

MÉTÉORES AQUEUX. Leur action à la surface du globe, page 345.

MICACÉ. Qui contient du mica.

MICASCHISTE (*Glimmer schiefer*, Werner, *schiste micacé.*) Roche à structure schisteuse, composée de quarz et de mica abondant.

MIMOPHYRE. Brongniart. Roche agrégée, à ciment d'argile, et grains très-distincts de feldspath.

MOLYBDÈNE. Corps simple métallique, découvert en 1782 par Hielm.

MONTAGNE. Elévation du sol plus ou moins considérable. Page 245.

MORAINE. Amas de pierres à l'extrêmité des glaciers.

N.

NEPTUNIEN. Qui a une origine aqueuse; qui a été formé par l'eau douce ou salée, mais principalement par cette dernière. — Se dit des roches, des terrains.

NIKEL. Métal découvert en 1751 par Cronsted.

NID. Amas de matières meubles et friables, de forme irregulière, peu volumineux, qui sont empâtés dans l'intérieur des couches.

NITRIFICATION. formation des nitrates dans les roches poreuses, Page 479.

NOEUDS ou NODULES. Ce sont des masses sphéroïdales encore plus petites que les rognons. On en a de fréquens exemples dans la plupart des roches bulleuses. Ils sont rarement le produit d'une grande action chimique, à moins d'être contemporains de la roche encaissante. Un filon peut en être composé en majeure partie.

NYMPHÉENS. Epithète donnée par M. Omalius aux terrains d'eau douce qui contiennent des débris d'animaux analogues à ceux qui vivent encore de nos jours dans ces eaux.

O.

OASIS. Page 261.

OCÉAN. Ensemble des eaux qui séparent les continens.

ONDES. Léger mouvement de la surface des eaux, moins considérable que les vagues et les flots. On entend souvent par *ondes* un mouvement partant d'un centre et se propageant par cercles dont l'intensité diminue en s'éloignant.

OOLITIQUE. (ωὸν œuf, λιθος pierre). Roche ou terrain composé d'une infinité de petits globules calcaires rapprochés et agglutinés avec ou sans ciment. La structure de chaque globule est concrétionnée.

OPHICALCE. Brongniart. Roche à base de calcaire, avec serpentine, talc ou chlorite.

OPHIOLITE. Brongniart. (*Serpentine* Léonh.) Pâte de serpentine de talc et de diallage, enveloppant du fer oxidulé.

OPHITE. Brongniart. (*Porphyre vert*, *grun porphyr.*) Roche à base de pétrosilex amphiboleux verdâtre, empâtant des cristaux déterminables de feldspath verdâtre.

OR. Métal connu depuis les temps les plus reculés.

OROGRAPHIE (ὄρος montagne, γραφω décrire). Partie de la géographie physique qui traite de la connaissance des montagnes.

OSMIUM. Corps simple métallique découvert en 1803 par Tennant.

P.

PALÆONTOLOGIE. (παλαιος ancien, ὢν être, λόγος discours). Histoire des êtres anciens. Etude des débris fossiles qui existent dans les différentes couches du globe.

PALLADIUM. Métal découvert en 1803 par Wollaston.

PEGMATITE. Hauy. (*Granite graphique, aplite.* Retz. — *Quarzite.* Haberlé). Roche composée de quarz, souvent disposé en lignes brisées dans du feldspath lamellaire qui est la base de la roche.

PELAGIEN (πέλαγος haute-mer.) Qui vit en pleine mer, loin des côtes, qui se trouve à une grande profondeur en pleine mer, qui s'est déposé dans des lieux profonds de la mer, loin de ses rivages.

PÉNÉEN (πενης pauvre). Nom donné par M. Brongniart et M. Omalius à certaines parties des terrains de sédiment pauvres en fossiles.

PÉNINSULE. Portion de terre qui s'avance dans la mer, mais qui reste liée au continent par une bande plus ou moins large. Page 2.

PÉPÉRINE ou PÉPÉRITE. Brongniart. (*Tufa, tufaite, tuf volcanique, pépérino, conglomerat ponceux, tuf basaltique, brecciole trappéenne.*) Roche à texture grenue, composée de grains de téphrine, de vake et de pyroxène.

PETRIFICATION. Corps organisé transformé en pierre pendant son enfouissement dans le sol qui a reçu ses dépouilles.

PETROSILEX. Dolomieu. Feldspath compacte.

PHONOLITE (*Pierre sonnante*). Espèce de trachyte compacte et sonore.

PHOSPHORE. (φῶς lumière, φέρω porter). Corps simple non métallique découvert en 1669 par Brandt.

PHOSPHORESCENCE des eaux. Page 191.

PHTORE (φθορα corruption). Corps simple, radical de l'acide fluorique.

PHYLLADE. d'Aubuisson. (*Thonschieffer.*) roche de schiste argileux micacé.

PIC. Cime d'une montagne quand elle se détache entièrement et atteint seule une certaine élévation.

PISOLITIQUE. Roche dont les grains sont de la grosseur d'un pois.

PLAGE. Portion de terre qui avoisine la mer et s'y plonge en pente douce. Page 2.

PLAINE. Espace uni ou peu montueux et plus ou moins étendu. Pages 244 et 258.

PLATEAU. Plaine élevée ou située à la partie supérieure d'une montagne. Pages 244 et 258.

PLOMB. Métal connu de toute antiquité.

PLUSIAQUE (πλουσιακὸς opulent). M. Brongniart nomme *terrains plusiaques* ceux des terrains elysmiens dont on extrait la plupart des métaux et des pierres précieuses.

PLUTONIEN. Produit par le feu. On désigne ainsi l'ensemble des terrains et des roches ignés.

PLUTONIQUE. Nom donné par M. Brongniart à une classe de terrains qui comprend ceux qui sont sortis fondus du sein de la terre et se sont épanchés à sa surface.

POECILIEN (ποικίλος varié). Nom donné par M. A. Brongniart à un groupe de terrains *abyssiques*, comprenant les roches qui ont parmi leurs caractères une coloration variée ou bigarrée.

PORPHYRE. Roche à base de pétrosilex amphiboleux, enveloppant des cristaux plus ou moins distincts de feldspath. Ce nom est plus spécialement réservé aux porphyres rouges. — *Voyez* Ophyte et Mélaphyre.

PORPHYRIQUE. On donne cette épithète aux roches qui contiennent des cristaux enveloppés dans une pâte uniforme à la manière des porphyres.

POST-DILUVIEN. On nomme ainsi les terrains formés après le déluge. On applique généralement cette dénomination aux dépôts de l'époque actuelle.

POTASSIUM. Métal découvert en 1807, par Davy.

POUDINGUE. Roche composée de fragmens divers, mais arrondis, liés par un ciment de quarz.

PRÉDOMINANT. On nomme partie prédominante dans une roche composée, le minéral qui, par la quantité, l'emporte sur tous les autres.

PRESQU'ILE, page 2. *Voyez* Péninsule.

PRIMITIF. On nomme ainsi les roches et les terrains qui ne contiennent aucun débris de corps organisés, qui sont formés de roches cristallines, et que l'on supposait créés avant tous les autres.

PROMONTOIRE. Page 2.

PROTÉIQUE. Nom donné par M. Brongniart à un groupe de terrains marins qui se présentent sous des aspects si différens, qu'il est quelquefois très-difficile de les reconnaître.

PROTOGYNE. Jurine. Roche composée de quarz, de feldspath, de talc, de steatite ou de chlorite, remplaçant presque entièrement le mica.

PROZOIQUE (προς avant, ζωὴ vie). Épithète donnée par M. Huot aux roches et aux terrains formés avant l'apparition de la vie sur la terre.

PSAMMITE. Brongniart (*sorte de grès, grauwacke*). Roche grenue, composée de sable quarzeux et de mica, quelquefois cimentée par de l'argile.

PSEPHITE. Brongniart (*Grès rudimentaire*, Hauy. *Todtliegende*). Roche à texture grenue, composée de fragmens de schistes divers, de phyllades, etc., souvent liés par un ciment d'argile ou d'oxide de fer.

PSEUDO-MORPHOSE. On donne ce nom aux formes étrangères que prennent certains minéraux en se substituant, en totalité ou en partie, à d'autres espèces qui peuvent disparaître entièrement.

PSEUDO-VOLCANIQUE. Werner désignait ainsi les roches altérées par les houillères embrasées et qui ont quelques rapports avec les produits des volcans.

PUITS ARTÉSIENS, page 34. — Leur théorie, page 35. — Singulière variation dans leur débit, p. 41. — Influence des marées sur la quantité de leurs eaux, page 43.

PUITS NATURELS. Sources situées à une certaine profondeur dans des cavités qui rappellent la forme d'un puits creusé par la main des hommes. Page 20.

PUITS A FEU. II, page 77.

PUMITE. Cordier. (*Lave ponceuse*). Trachyte à pâte ponceuse et à cristaux de feldspath frittés.

PUYS. Page 245.

PYROMÉRIDE. Monteiro. Roche à base de feldspath et de quarz enveloppant des sphéroïdes à structure radiée.

Q.

QUARZITE. Roche de quarz.

R.

RADE. Page 3.

RAPIDE. Page 5. *Voyez* Chute d'eau.

RESCIF. Espèce de ceinture placée près des îles ou du rivage, et souvent formée par des bancs de coraux.

RHODIUM. Corps simple métallique découvert en 1803, par Wollaston.

RIVAGES. Page 2.

RIVE. Portion de terre qui longe un cours d'eau. Page 5.

RIVIÈRE. Cours d'eau navigable, qui se jette dans un fleuve ou dans une autre rivière. *Voyez* Cours d'eau. Pages 44 et 5.

ROCHES. Masses minérales, simples ou composées, qui existent en assez grande quantité pour jouer un rôle quelconque dans la structure de la terre.

On voit que les *roches* diffèrent essentiellement des *espèces*, en ce qu'elles sont toujours le résultat de l'union de plusieurs espèces en proportions indéfinies, tandis que les espèces sont toujours le résultat de l'union d'un ou plusieurs élémens en proportions définies, et quelquefois aussi de plusieurs espèces chimiques, mais toujours en proportions définies, ce qui donne au produit de cette union des caractères tout-à-fait différens de ceux des composans. C'est ainsi que deux silicates simples qui constituent des espèces existant dans la nature, peuvent se réunir en proportions définies, et former une *espèce minéralogique* qui aura ses caractères et sa formule chimique, tandis que lorsque deux ou plusieurs espèces se réunissent pour former une *roche*, il n'existe jamais de proportions définies; il n'y a pas de combinaison, mais un mélange, et quelquefois tellement grossier, que l'œil peut en reconnaître les composans : exemple le granite. Lorsque les composans sont perceptibles, les roches sont dites *phanérogènes*, pour indiquer l'apparence de leur composition; et lorsqu'ils sont imperceptibles, on les a nommées *adélogènes*, pour indiquer que l'œil ne peut apercevoir leurs parties mélangées. Le *granite* est dans le premier cas, *l'argile* est dans le second.

Quoique le nom de *roches* ne doive s'appliquer qu'à ces mélanges naturels qui se trouvent en grand dans la nature, on l'a étendu aux espèces simples qui se présentent en grand; ainsi le *marbre*, le *fer oxidé*, etc., qui sont de véritables espèces minéralogiques, prennent le nom de *roches*, lorsqu'on les considère dans leurs rapports avec la composition du globe; on ne sait pas alors au juste où sont les limites de cette acception; et telle substance que l'on n'a pas encore trouvée en assez grande quantité dans la nature, pour mériter ce nom, pourra s'y rencontrer bientôt en quantité plus que suffisante pour recevoir cette dénomination : on devrait donc réserver le mot *roche* pour désigner les substances mélangées, quels que soient leur abondance et leurs divers caractères, et ne l'étendre aux espèces minéralogiques que lorsqu'elles se mélangent sous deux états différens, comme dans les porphyres, etc.

Une grande dureté n'est pas, comme on le croit dans le monde, un caractère essentiel aux roches, la plupart le possèdent; mais il en est de très-tendres, comme les argiles, etc.

Dans l'acception la plus générale du mot *roche*, on les distingue en *roches composées*, c'est-à-dire celles qui résultent du mélange mécanique de plusieurs espèces, ou de la même sous deux états différens, et en *roches simples*, qui sont toujours des espèces minéralogiques.

Les roches composées ont reçu différens noms, d'après leur composition, leur structure, leur état d'agrégation, etc.

Mais les coupes ou les espèces que l'on y a faites n'ont pour la plupart pas de limites ; elles se confondent et passent souvent de l'une à l'autre, par nuances insensibles, quoique leurs extrêmes soient bien différens. C'est encore un caractère qui les distingue nettement des espèces minérales, qui ne passent jamais de l'une à l'autre.

On emploie pour reconnaître et décrire les roches, la plupart des caractères dont on se sert pour décrire les espèces minéralogiques; mais il en est quelques-uns qui sont entièrement différens, et qui ne peuvent s'appliquer qu'aux roches composées ; telles sont particulièrement la *composition* et la *structure*.

Composition. La composition d'une espèce minérale est une composition chimique, résultant d'une combinaison, tandis que la composition d'une roche est une composition mécanique résultant d'un mélange.

On distingue dans cette dernière composition les parties composantes, *essentielles*, *accessoires* et *accidentelles;* ainsi, dans la roche nommée *gneiss*, le felspath et le mica sont des composans *essentiels* ; le quartz est *accessoire ;* le grenat, la tourmaline, l'épidote ne sont *qu'accidentels*, parce qu'on ne les rencontre qu'accidentellement dans le gneiss.

On nomme partie prédominante le principe qui domine; c'est-à-dire, dont la quantité l'emporte sur celle des autres : ainsi le felspath est partie prédominante dans un grand nombre de roches. On conçoit qu'il devient insignifiant d'indiquer le principe prédominant d'une roche, quand sa proportion n'est qu'un peu plus forte que celle des autres.

Structure. On ne considère plus, dans les roches composées, l'arrangement des molécules, comme déterminant la structure, mais l'arrangement des parties composantes ; en sorte que la structure d'une roche est entièrement différente de celle d'une espèce minéralogique. Il n'y a que certaines roches adélogènes (dont les parties composantes sont trop ténues pour que l'on puisse les distinguer), qui présentent une structure analogue à celle des espèces minérales.

Outre la structure que nous allons examiner, et qui est dite *structure d'agrégation*, les roches en présentent encore une autre, nommée *structure de disgrégation*, qui tient à la manière dont elles se divi-

sent, et que nous avons examinée en parlant de la manière d'être des roches dans la nature, ou des couches.

On peut distinguer dans les roches sept espèces de structure d'agrégation, qui sont les structures *granitoïde*, *porphyroïde*, *amygdaloïde*, *entrelacée*, *arénacée*, *cellulaire* et *irrégulière*.

A. *Structure granitoïde*. Se dit des roches formées de minéraux cristallisés contemporains (c'est-à-dire qui se sont formés et mélangés en même temps), et groupés irrégulièrement, mais avec uniformité, de manière qu'un des minéraux ne se trouve pas en plus grande proportion dans un endroit que dans un autre. Leur cassure est saccharoïde ou grenue; quelquefois les minéraux semblent y être disposés par bandes; c'est la structure granitoïde *rubanée*.

B. *Structure porphyroïde*. Se dit d'une roche formée de plusieurs minéraux ou d'un seul sous deux états différens, dont l'un forme la pâte, et dont l'autre est disséminé en cristaux au milieu de cette pâte, qui est ordinairement compacte, mais qui peut être saccharoïde. Lorsque les cristaux sont du feldspath ou de l'albite, les roches sont dites *porphyriques* ou *porphyres*; mais quand les cristaux sont d'une autre nature, on nomme les roches *pseudo-porphyriques* ou *pseudo-porphyres*.

C. *Structure amygdaloïde* Se dit des roches qui offrent de petits rognons de substances diverses empâtés dans une masse minérale de nature également variable : parmi ces roches, M. Brochant de Villiers distingue :

1° Celles à noyaux ou rognons contemporains;

2° Celles à noyaux un peu postérieurs ou douteux;

3° Celles à noyaux postérieurs.

1° Dans le premier cas, les noyaux ont une grande tendance à cristalliser; on y remarque tous les passages à la structure porphyroïde. La nature des rognons est la même que celle de la pâte, et ils adhèrent ordinairement si fortement à cette dernière, qu'il est presque impossible de les séparer. Leur intérieur est compacte ou cristallisé; tels sont par exemple le *granite orbiculaire de Corse*, dont les noyaux sont formés de couches concentriques, et le *porphyre orbiculaire de Corse*, dont les noyaux cristallins sont formés de rayons divergens vers le centre; c'est à cette structure que M. Brongniart donne le nom de *structure empâtée glanduleuse*, réservant le nom de *structure empâtée amygdaloïde* pour les roches qui contiennent des noyaux non cristallisés, et qui se trouvent rangées dans les deux variétés suivantes.

2° Dans le second cas, les noyaux paraissent avoir été formés un peu après la pâte; ils n'offrent à l'extérieur aucune tendance à cristalliser. Leur forme est aplatie, quelquefois irrégulière; ils offrent intérieurement une structure cristalline, rarement rayonnée, non con-

centrique. On n'y observe pas de cavités, et on peut les séparer de la pâte ;

3° Dans le troisième cas, la pâte est compacte, et quelquefois saccharoïde ; les noyaux ne montrent aucune tendance cristalline à l'extérieur. Ils sont sphéroïdaux ou ellipsoïdes, formés de couches concentriques plus ou moins distinctes ; l'intérieur est souvent tapissé de cristaux dont la pointe est dirigée vers le centre. Il semblerait que la matière qui a formé ces rognons à filtré postérieurement à travers la pâte, et a tapissé ces cavités couche par couche. Ces noyaux sont souvent des géodes d'agate, dont l'intérieur est tapissé de cristaux d'améthyste.

D. *Structure entrelacée.* Se dit des roches composées de deux substances, dont l'une en petites veines, et l'autre en petites masses, autour desquelles ces veines viennent se contourner. On n'observe guère cette structure que dans certains calcaires de transition, où le calcaire forme les noyaux qui sont enveloppés par des veines d'une substance argilo-talqueuse; tel est le marbre *campan*, et plusieurs autres. M. Brongniart donne à cette disposition le nom de structure entrelacée amygdaline.

E. *Structure arénacée.* Se dit des roches qui doivent leur existence à des fragmens de roches préexistantes, gros ou petits, réunis le plus ordinairement par un ciment : on donne à ces roches le nom général de *conglomérats.*

Quand les grains sont très-fins, la roche prend le nom de grès; quand les grains sont gros, elle prend ceux de *poudding* et de *brèche, poudding*, si les fragmens sont des galets arrondis; *brèche*, si ce sont des fragmens anguleux.

Les pouddings se rapprochent des roches amygdaloïdes ; mais ils en diffèrent pas leurs noyaux plus arrondis, et qui ne sont jamais ni lamelleux, ni cristallins, ni rayonnés, ni formés de couches concentriques.

F. *Structure cellulaire.* Se dit des roches qui offrent un grand nombre de vides, comme les *laves*, et plusieurs autres produits volcaniques.

G. *Structure irrégulière.* Se dit des roches formées de deux ou plusieurs minéraux groupés par masses irrégulières, mais dont l'un est toujours cristallisé; cette structure est rare : on l'observe dans la roche dite *vert de Corse*, qui est formée de diallage et de jade. La diallage y forme des amas cristallisés, disposés sans uniformité ; tels sont encore quelques marbres mélangés de serpentine.—*Roches*, page 265.— leur manière d'être dans la nature, page 269. — Leur âge, 280. — matières minérales ou débris organiques qui s'y trouvent contenus, page 283.

ROGNON. Ce sont des amas très-petits qui se trouvent disséminés

dans les roches; ils jouent quelquefois, par rapport à un filon, le rôle que les veines jouent dans un stockwerk. Un filon qui se compose en quelque sorte d'une série de rognons, prend le nom de *filon en chapelet ou à rognons.*

RUISSEAU. Petits cours d'eau qui se réunissent et finissent par se transformer en rivières. Ce sont les dernières ramifications du réseau hydrographique. Pages 5 et 44.

S.

SABLE. Assemblage de petits grains de quarz dont la grosseur ne dépasse pas celle d'un pois ; au-dessus, c'est du gravier. On étend le nom de *sable* à toutes les substances minérales réduites en petits fragmens et même à des coquilles brisées.

SALSES. Volcans d'air et de boue. Cônes d'argile donnant lieu à des éruptions périodiques. II, page 79.

SATURATION. État d'un corps dont les affinités sont satisfaites. De l'eau qui ne peut plus dissoudre de sel en est *saturée.*

SAUT. Chute d'eau qui a lieu d'un seul jet et qui franchit brusquement un espace assez haut. Page 5.

SAVANE. Grands marais des terres basses des continens, et notamment de l'Amérique.

SCHISTE. On désigne ainsi collectivement toutes les roches qui se divisent facilement en feuillets.

SCHISTEUX. Qui se divise en feuillets plus ou moins épais.

SCORIACÉ. Bulleux et léger, qui a l'apparence d'une scorie.

SECONDAIRE. Werner et la plupart des géologues ont donné cette épithète aux terrains de sédimens qui ont recouvert les terrains de transition, et qui ont été formés après les terrains primitifs sur lesquels ces derniers se sont déposés.

SÉLÉNIUM. Corps simple métallique, découvert en 1817, par Gahn et Berzélius.

SIDÉROCRISTE. Brongniart. (*Eisenglimmer - Schieffer*, Eschw. Leonh.) Roche de fer oligiste micacé et de quarz.

SILEX. Variété de quarz, souvent cariée, et formant alors le *silex meulier.*

SILICIUM. Corps simple métallique, dont l'oxide est la substance la plus répandue à la surface du globe.

SODIUM. Métal découvert en 1807, par Davy.

SOLFATARE. Dégagement de vapeurs sulfureuses. — Volcan éteint, mais manifestant sa puissance par quelques phénomènes.

SOUFRE. Corps simple non métallique.

SOULÈVEMENS. II, page 230. — *Soulèvemens des temps historiques.* II, page 232. — Age des soulèvemens. II, page 249. — Soulèvemens centraux, ou cratères de soulèvement. II, page 255. — Soulèvemens linéaires. II, page 273. — Considérations générales sur la théorie des soulèvemens. II, page 301.

SOURCE. Portion du sol d'où l'eau s'échappe. Synonyme de *Fontaine.* Pages 5 et 11. — Leur volume, page 12. — Leur intermittence et leur jaillissement, page 13. — Leur température, page 22. — Composition de leurs eaux, page 25. — Leur origine, page 26. — Puits artésiens, page 35. — Influence du déboisement sur leur produit, page 31. — Leur dépendance des montagnes, page 30. — Sources d'eau douce dans la mer, page 32. — *Sources.* Leur action à la surface du globe, page 347. — *Sources minérales.* Voyez Eaux minérales.

SPILITE. Brongniart. (*Blatterstein*, *Perlstein*, *Mandelstein*, *Schaalstein*). Roche à base de cornéenne, renfermant des noyaux et des veines calcaires, contemporains ou postérieurs à la pâte.

STALACTITE (σταλάζω tomber goutte à goutte). Dépôt formé par concrétion et ordinairement attaché aux parois ou au plafond des cavernes. Page 465.

STALAGMITE. Ce sont les stalactites ou concrétions qui se forment sur le sol au-dessous des stalactites.

STÉASCHISTE. Brongniart. (*Talkschiefer*, Werner, Leonh). Roche à base de talc et à structure schisteuse.

STIGMITE (*Pechstein*, *obsidian-porphyr*, *perlstein-porphyr*). Roche à base d'obsidienne, renfermant des grains et des cristaux de feldspath.

STOCKWERCK. On désigne sous le nom de Stockwerck, un amas d'une roche quelconque, dans lequel de nombreuses veinules métalliques sont séparées par des parties interposées de la roche encaissante. Ce sont des amas pénétrés et traversés dans toutes les directions par une quantité de petits filons.

STRATE. Lit, portion d'une couche. On emploie aussi ce terme d'une manière générale pour désigner les diverses assises du sol.

STRATIFICATION. Ensemble des caractères que présente la division des terrains en couches superposées.

STRONTIUM. Corps simple métallique.

SUBORDONNÉ. Se dit des couches qui sont intercalées dans les terrains, comme parties accessoires, tandis que celles qui les renfer-

ment sont beaucoup plus développées et sont les roches dominantes de la formation.

SUPERPOSITION DES TERRAINS. II, page 363.

SURFACE EXTÉRIEURE DU GLOBE. Page 241.

SYÉNITE. Werner. *Granitelle* de Saussure. *Rapakivi*, Wall. Roche composée de feldspath lamellaire, d'amphibole et de quarz. Le feldspath domine.

T.

TANTALE ou COLUMBIUM. Métal découvert en 1811, par Hatchett.

TELLURE. Métal découvert en 1782, par Muller de Reichenstein.

TEMPÉRATURE DES EAUX MINÉRALES. II, page 25. — *Température centrale*. II, page 5.

TÉPHRINE. Delametherie, Cordier. Roche volcanique à base de feldspath ou de labrador, avec petits cristaux de feldspath.

TERRAIN. Ce mot n'a pas d'acception bien définie en géologie. Un terrain est quelquefois l'ensemble de plusieurs formations, et quelquefois plusieurs terrains constituent une seule formation. On doit cependant toujours l'entendre d'un ensemble de roches de même nature ou analogues dont la continuité n'est interompue que par quelques couches subordonnées. Les géologues se sont beaucoup occupés de la classification des terrains et ont imposé à chacun d'eux des noms qui expriment plus ou moins bien leurs caractères et leur ordre de superposition. Nous n'avons pas cru devoir adopter ces diverses dénominations, et nous nous sommes servis de l'ordre le plus simple. Cependant, pour donner une idée générale de ces diverses classifications, nous rapportons ici un tableau de l'ouvrage de M. de Labèche qui résume les principales et indique les rapports qu'elles ont entre elles.

(Voir le Tableau d'autre part.)

Classification des terrains.

TERRAINS STRATIFIÉS.	TERR. STRATIFIÉS SUPÉRIEURS ou fossilifères.	1. Groupe *Moderne.*	Détritus de différentes sortes, produit par les causes qui agissent encore aujourd'hui. *Iles madréporiques; Travertins, etc.*
		2. Groupe *des blocs erratiques.*	*Blocs de transport, graviers*, couvrant des collines et des plaines, où ils paraissent avoir été amenés par des forces plus puissantes que celles qui agissent maintenant *(Groupe provisoire).*
		3. Groupe *Supercrétacé.*	Dépôts de divers genres supérieurs à la craie; tels qu'en Angleterre, le *crag*, les *couches de l'île de Wigth*, l'*argile de Londres*, l'*argile plastique*; en France, les *couches marines et d'eau douce* des environs de Paris, etc.
		4. Groupe *Crétacé.*	1. *Craie.* — 2. *Grès vert supérieur.* — 3. *Gault.* — 4. *Grès vert inférieur.* Auxquels il est convenable de réunir: 1. L'argile dite *weald.* — 2. Le *sable de Hasting.* — 3. Les couches de *Purbeck.*
		5. Groupe *Oolitique.*	Terrains désignés ordinairement sous le nom d'*Oolite*, en y comprenant le *Lias.*
		6. Groupe *du Grès rouge.*	1. *Marnes rouges* ou *marnes irisées.* — 2. *Muschelkalk.* — 3. *Grès rouge.* — 4. *Zechstein.* — 3. *Conglomérat rouge.*
		7. Groupe *Carbonifère.*	1. *Terrain houiller.* — 2. *Calcaire carbonifère.* — 3. *Vieux grès rouge.*
		8. Groupe *de la Grauwacke.*	1. *Grauwacke* en couches épaisses et schisteuses. — 2. *Calcaire* de la Grauwacke. — 3. *Schiste argileux* de la Grauwacke, etc.
		9. Groupe *Fossilifère inférieur.*	Différents *schistes*, souvent entremêlés de réunions de roches stratifiées, semblables à celles qui se rencontrent dans les terrains non stratifiés.
	TERR. STRATIFIÉS INFÉRIEURS ou non fossilifères.	Aucun ordre de superposition déterminé.	Différentes *roches schisteuses*, et beaucoup de masses cristallines stratifiées comme *Gneiss*, *Protogyne*, etc.
TERR. NON STRAT.		Roches *Volcaniques, Trapéennes, Serpentineuses, et Granitiques.*	*Laves* anciennes et modernes; *Trachyte, Basalte, Grunstein, Cornéennes, Porphyres pyroxéniques et amphiboliques, Serpentine, roches de diallage, Siénite, Porphyre quarzifère, Granite, etc.*

Équivalents dans différentes méthodes.

CONYBEARE.	D'OMALIUS D'HALLOY, 1830.	BRONGNIART, 1829.	
Ordre supérieur.	Terrains modernes.	Terrains alluviens et lysiens.	Période Jovienne.
		Terrains Clysmiens.	
	Terrains tertiaires.	Terrains Yzémiens thalassiques. (Secondaires.)	Période Saturnienne.
Ordre supra-moyen. (*Super-medial.*)	Terrains ammonéens.	Terrains Yzémiens pélagiques. (Non compris le Lias.) (Secondaires.)	
		Terrains Yzémiens abyssiques.	
Ordre moyen. (*Medial.*)	Terrains hémilysiens.		
Ordre sous-moyen. (*Sub-medial.*)		Terrains Hémilysiens. (Primordiaux.)	
Ordre inférieur.		Terrains Agalysiens.	
De même que dans la méthode de Werner.	Terrains pyroïdes et agalysiens.	Terrains Pyrogènes ou roches volcaniques modernes. Terrains Typhoniens ou roches ignées anciennes. (Pyroïdes.)	

TERRAINS, leur âge et leur superposition, II, page 363. — Terrain originaire ou primaire, II, page 366. — Terrains de sédiment, II, page 374. — De sédiment inférieur, II, page 386. — Groupe inférieur, II, page 387. — Groupe arénacé calcaire, II, page 390. — Groupe carbonifère, II, page 397. — De sédiment moyen, II, page 411. Groupe du grès rouge, II, page 412. — Groupe du grès bigarré, II, page 414. — Groupe du Jura, II, page 417. — Groupe de la craie, II, page 424. — De sédiment supérieur, II, page 430. — Étage inférieur, II, page 434. — Étage supérieur, II, 435. — Terrains de transport, II, 443. — Alluvions anciennes, II, page 444. — Alluvions modernes, II, page 446. — Terrain tuffacé, II, page 447. — Terrains d'épanchement ou cristallisés, II, page 449. — Groupe lavique, II, page 452. — Groupe basaltique, II, page 453. — Groupe trachytique, II, p. 456. — Groupe porphyrique, page 459. — Groupe granitique, II, page 465.

TERIAIRE. M. Omalius nomme ainsi les terrains qui renferment des débris de corps organisés, appartenant à des espèces qui n'existent plus, mais peu différentes de celles qui vivent aujourd'hui.

TERTIAIRE. De troisième époque ou de troisième formation. On donne ce nom à l'ensemble des terrains de sédimens qui sont au-dessus de la craie. Ce sont les terrains de sédiment supérieurs.

THALASSIQUE (θάλασσα mer). Épithète donnée par M. Brongniart à une portion de terrains de sédimens qui sont censés formés sous les eaux de la mer. Ce sont les terrains de sédimens moyens, non compris la craie.

THALWEG. Chemin de la vallée; ligne de plus grande profondeur d'une vallée; elle est presque toujours indiquée par un cours d'eau.

THERMAL (θερμὴ chaleur). On donne cette épithète aux sources minérales dont la température est au-dessus de la moyenne du lieu où elles s'échappent.

THORIUM. Métal découvert en 1828 par Berzelius.

TITANE. Métal découvert en 1794 par Klaproth.

TOIT. Partie supérieure d'un filon, d'un banc ou d'une couche.

TRACHYTE. Hauy. (*Nécrolite*, Brocchi; *Masegna*, Da Rio.) Roche volcanique à base de feldspath compacte, grenu ou ponceux, qui empâte des cristaux de feldspath.

TRAPP. Roche noirâtre à structure fragmentaire, se rapprochant du basalte et fondant en noir au chalumeau.

TRAPPITE (Roche de *trapp*). Roche à base de cornéenne, enveloppant du feldspath, de l'amphibole, du mica, etc.

TRAUMATIQUE (τραῦμα blessure). Synonyme de fragmentaire.

TREMBLEMENT DE TERRE. II, page 89.

TRITONIEN. M. Brongniart donne cette épithète à un groupe de terrains de sédiment thalassiques, comprenant ceux dans lesquels on trouve des débris d'animaux analogues à ceux qui vivent aujourd'hui dans la mer.

TUF. Pierre poreuse produite par sédiment ou par incrustation. On applique ce nom à divers produits volcaniques remaniés par les eaux. On devrait le réserver aux travertins poreux.

TUNGSTÈNE. Corps simple métalliqu e.

TYPHONIEN. Épithète donnée par M. Brongniart aux terrains massifs de la période saturnine ou ancienne.

U.

URANE. Métal découvert par Klaproth en 1789.

V.

VAGUE. Ondulation produite par les vents à la surface des eaux.

VAKE. Roche à texture terreuse qui accompagne souvent le basalte.

VAKITE. Brongniart. Roche à base de vake, empâtant du mica ou du pyroxène.

VALLÉE. Espace qui sépare deux chaînes de montagnes, page 251. —Leur origine. Page 255.

VALLON. Petite vallée.

VANADIUN. Métal découvert en 1830 par Sefstroem.

VARIOLAIRE. Qui offre des noyaux arrondis, d'une couleur différente de celle du fond.

VARIOLITE (*Amygdaloïde*, *mandelstein*). Pâte de pétrosilex, renfermant des noyaux sphéroïdaux, de même nature, mais de couleur différente.

VÉGÉTAUX. Leur influence sur la création des terrains. Page 487.

VEINES. Les terrains stratifiés, comme ceux non stratifiés, sont encore entrecoupés de *veines* ou *petits filons* qui semblent être un diminutif des filons, en ce qu'ils sont, comme ceux-ci, des masses minérales minces et allongées; mais ils se bornent à suivre l'étendue d'un fort petit nombre d'assises des formations qu'ils traversent; souvent même ils sont limités par une seule d'entre elles, et ne dépassent pas le bloc où ils ont pris naissance.

VEINULES. Les veinules sont encore plus petites et plus irrégulières

que les veines; elles serpentent souvent dans divers sens : c'est ce caractère qui avait porté Werner à les désigner sous le nom de *Schwarmer* ou *serpentaux*. On en a de fréquens exemples dans les marbres colorés. Un filon principal peut être lui-même composé de veines et de veinules.

VERSANT. Parties d'une chaîne de montagnes qui forment les deux côtés d'une vallée, quelle que soit sa largeur. Les deux versans d'une montagne ou d'une chaîne viennent se réunir au sommet et constituent la ligne de faîte.

VOLCANS. Points de communication entre l'extérieur du globe et sa masse interne. II, page 130. — Leurs éruptions, II, page 132. — Bruits souterrains, II, page 135. — Émanations gazeuses, II, p. 137. — Éjections de sables, de cendres, etc., II, page 138. — Éruptions de lave, II, page 146. — Marche des courans, II, page 149. — Température des laves, II, page 151. — Volume des coulées, II, page 154. Quelques phénomènes dépendans des éruptions volcaniques, II, p. 155. — Distribution géographique des volcans et leurs caractères particuliers, II, page 162. — Bouches volcaniques centrales, II, page 167. — Volcans dans l'intérieur des continens, II, page 190. — Chaînes volcaniques, II, page 191. — Considérations générales sur la théorie des volcans, II, page 301.

VOLCANICITÉ. Action qu'exerce l'intérieur d'une planète sur son extérieur, aux différentes phases de son refroidissement.

VOLCANIQUE. Qui appartient aux volcans.

VULCANIQUE. M. Brongniart donne cette épithète aux terrains produits par les volcans anciens, ou du moins qui sont en repos depuis les temps historiques les plus reculés.

W.

WELDIEN. On donne le nom de *terrains weldiens*, par extension d'un nom géographique (l'argile de Weald), à des atterrissemens formés par les eaux douces à leur affluent, et consistant principalement en argile, sables et calcaires pénétrés de débris organiques végétaux.

Y.

YTTRIUM. Corps simple, radical de l'yttria, et obtenu par Wœhler.

Z.

ZINC. Métal connu en Orient de toute antiquité.
ZIRCONIUM. Métal réduit par Berzelius en 1825.

FIN DU VOCABULAIRE.

EXPLICATION

DES

FIGURES.

Figure 1.

Elle offre la coupe d'un bassin comblé par un dépôt de sédiment, dans lequel on distingue deux sortes de couches. Les couches AAA, imperméables à l'eau, et les couches BBB qui sont poreuses et susceptibles de s'imbiber. Comme la tranche de ces différentes couches est redressée contre le bassin, et plus élevée que le niveau de la plaine, il en résulte que l'eau qui pénètre dans l'intérieur est comprimée entre les couches imperméables, et tend à s'échapper par les différens trous de sondes C D E F qui ont été pratiqués dans la plaine, et qui atteignent les différentes nappes d'eau souterraines de ce bassin. Les lignes ponctuées indiquent la hauteur du jaillissement, qui est d'autant plus grand qu'on atteint des couches plus redressées.

Figure 2.

Théorie des fontaines intermittentes. Coupe d'un terrain renfermant une cavité C avec des fissures FFF, qui amènent de l'eau de la surface du sol. Cette eau s'y rassemble, et remplit peu à peu cette cavité. Une fissure recourbée O. S. E., communique avec l'extérieur, et laisserait de suite échapper l'eau si elle avait la direction O. E. Mais elle fait le coude S qui l'élève au-dessus de la partie supérieure de la cavité. L'eau ne peut donc pas s'en échapper; mais quand elle a atteint la ligne d'élévation A. B., elle coule par la branche du siphon, qui, dépassant la ligne DD, qui indique le fond de la cavité, la vide entièrement. Il faut alors qu'elle s'emplisse de nouveau jusqu'à la ligne A B, avant de se vider une seconde fois, et ainsi de suite.

Figure 3.

Fontaine de Vaucluse. Exemple de cours d'eau souterrain, s'échappant tout-à-coup avec une extrême abondance, et formant une source

considérable. Elle varie selon les saisons, et formait selon toute apparence autrefois, un lac dont les bords sont indiqués par les grands escarpemens que l'on voit régner tout autour.

Figure 4.

Vue d'un des lacs volcaniques de Daun, dans l'Eiffel, prise de l'un des sommets de la circonférence, par M. Reynaud. Les eaux n'ont aucune issue, et pourraient encore s'élever considérablement avant de trouver un conduit pour se verser dans la vallée. Beaucoup d'autres lacs en Italie, en Allemagne et en Auvergne, occupent comme celui-ci des cratères ou de vastes cavités sans issues.

Figure 5.

Morceau de glace fibreuse, composée d'une infinité de petits prismes hexagonaux, dont les sommets hexaèdres se dessinent à la surface. Cette structure, comme la plupart de celles que l'on observe dans la glace, ne peuvent être remarquées qu'au dégel.

Figure 6.

Glace en gros tubes hexagonaux creux dans l'intérieur, et composés eux-mêmes d'une infinité de petits prismes hexagonaux solides. Cette cristallisation résulte de la condensation de la vapeur d'eau sur des parois peu refroidies.

Figure 7.

Structure de la glace des cascades ou de celle qui se forme par la superposition de gouttes nombreuses qui viennent se glacer sur les corps voisins. Cette structure, que l'on distingue rarement avec netteté, prouve que les gouttelettes, en se figeant, peuvent prendre une structure radiée, comme certains grains de grésil. Cette glace est toujours très-solide, mais à surface raboteuse.

Figure 8.

Coupe d'une stalactite de glace, indiquant sa structure intérieure et son mode d'accroissement. On remarque la même structure dans les stalactites de chaux carbonatée.

Figures 9 *et* 10.

Plan et coupe de la grotte de Miremont (Dordogne), par Bremontier. Cette grotte a été étudiée avec beaucoup de soin sous le rapport topographique. Nous ne donnons même qu'une partie des coupes qui ont été prises dans vingt-sept endroits. Leur ensemble fait voir que cette grotte présente très-peu de ces grandes variations de niveau, et c'est au point I qu'est son plus grand écartement de cette ligne; il n'est que de 10 mètres au-dessous du niveau de l'ouverture, marqué O sur le plan, et dont le niveau est indiqué sur les coupes par la ligne OO. Cette ouverture est sur le penchant d'une colline, dont la pente est très-douce. On remarquera que les largeurs des galeries de cette grotte diffèrent peu l'une de l'autre, à l'exception de celle qui est marquée K, et qui semble être une fissure plutôt qu'une galerie; les hauteurs de ces galeries paraîtraient présenter plus de différences, si l'on compare celle du point I et du point B; mais ce dernier point est le seul des vingt-sept coupes qui présente un si grand reserrement sur la hauteur; dans quatre autres points dont nous n'avons pas donné les coupes, le plafond n'est qu'à deux ou trois mètres du plancher. Il ne paraît pas qu'on ait découvert dans cette grotte aucun reste d'animaux, comme on en trouve si souvent, et si abondamment dans plusieurs grottes et cavernes de l'Allemagne et de l'Angleterre.

Figure 11.

Coupe transversale d'une caverne à ossemens. Des stalactites d'albâtre descendent du plafond de la caverne, et des stalagmites couvrent une partie du fond ou s'étendent sur ses parois. Une couche de limon occupe la partie inférieure de la grotte, et des débris d'animaux gisent au milieu de ce dépôt.

Figures 12 *et* 13.

Exemple de roches granitiques situées près des îles Shetland, et auxquelles l'action continue des eaux de la mer a donné les formes les plus bizarres, dont le docteur Hibert a publié les dessins.

Figure 14.

Transport des blocs erratiques. Coupe transversale de la chaîne des Alpes et du Jura. A. Alpes des hauteurs desquelles les blocs sont descendus vers le point B ou le Jura. C. Masse de terrain qui réunissait

les deux chaînes, et sur lequel les blocs ont glissé ou ont été entraînés jusqu'en D. Quand le terrain C a été entraîné, les blocs se sont peu à peu abaissés, et sont descendus jusques sur la pente E, où on les rencontre aujourd'hui.

Figure 15.

Altération des granites. Exemple recueilli par M. Le Play, à Malpartida en Espagne.

A représente l'état primitif du terrain avant l'altération des roches qui le composent.

B offre les lignes de disgrégation successive ou les couches que le temps et la décomposition doivent faire disparaître.

C présente un état de décomposition plus avancé. Quelques blocs sont encore adhérens au sol en partie décomposé dont ils proviennent.

D Fait voir les blocs isolés ou les masses intérieures qui ont résisté à la décomposition, tandis que tout ce qui les entourait a été dégradé et entraîné.

Figure 16.

Altération des basaltes. Boule remarquable de Langenberg, d'après M. J. Reynaud. Elle offre d'énormes couches concentriques que l'on exploite pour des pavés. On ne voit du reste que la moitié de cette énorme boule.

Figure 17.

Vue de la grotte balsatique de Bertrick, dans l'Eiffel, d'après M. J. Raynaud.

Le perystile représenté dans le dessin s'ouvre directement sur le torrent qui se précipite en écumant dans les rochers. Le faîte de cette sorte de monument naturel supporte un pont jeté à une assez grande hauteur au-dessus du torrent. M. Raynaud l'a supprimé, afin de ne point charger inutilement le croquis. Il fait remarquer aussi que les boules ne sont pas exactement uniformes, mais que cependant leurs irrégularités ne sont point assez notables pour être indiquées sans exagération sur une aussi petite échelle.

Figure 18.

Ile de corail de Whitsanday, d'après la gravure du T. II *des Principles of geology* de M. Lyell.

On remarque la forme circulaire de l'île qui renferme un grande lagune d'eau tranquille, tandis que la mer extérieure est agitée. Il semble que les coraux aient bâti sur un cratère.

La coupe qui accompagne cette figure donne une idée bien juste de la forme de cette île dont les coraux extérieurs exposés aux légers brisans des vagues se sont développés plus que les autres.

La ligne horizontale qui s'appuie sur les bords de l'île indique la partie du sol qui n'est pas submergée et qui, par conséquent, est habitable.

Figure 19.

Cratère du grand Geiser en Islande. Il s'ouvre sur un monticule qu'il a recouvert de ses concrétions siliceuses. On aperçoit au loin, dans la plaine, quelques sources intermittentes qui sont en éruption.

Figure 20.

Vue d'une éruption du Geiser d'Islande.

Figure 21.

Indication graphique, d'après M. Alex. Brongniart, de la disposition des lagonis et des éruptions de vapeurs aqueuses dans le vallon, au pied de la colline de Monte-Cerboli.

D. Calcaire compacte, gris de fumée, etc., en couches très-inclinées et très-brisées, dans la partie méridionale conduisant à Castel-Nuovo.

D. Indication des débris et éboulemens calcaires vers le vallon des Lagonis.

M. Masse sans structure d'argile boueuse, de schiste marneux, de blocs et fragmens calcaires composant le fond de la dépression en forme de bassin, d'où se dégagent avec impétuosité les vapeurs aqueuses et sulfureuses. V. V.

L. Lagonis proprement dits, ou petits lacs, ou mares d'eau boueuse et chaude que traversent avec impétuosité et violence des vapeurs aqueuses et sulfureuses contenant l'acide boracique.

Figure 22.

Effets des tremblemens de terre. Fractures du sol près Jérocarne en Calabre, produites par le tremblement de terre de 1783.

Figure 23.

Bassins formés dans le sol et remplis d'eau à leur origine. Ils se for-

mèrent dans la plaine de Rosarno en Calabre pendant le tremblement de terre de 1783.

Figure 24.

Coupe en forme d'entonnoir d'un des bassins représentés dans la figure précédente.

Figure 25.

Vue du cône du Cotopaxi d'après M. de Humboldt. C'est le plus colossal des volcans connus. Son cône supérieur est entièrement caché sous des neiges éternelles.

Figure 26.

Vue de l'Eyafial, ou volcan d'Ostrafial en Islande, avec les îles Westman en avant. (De Buch.)

Figure 27.

Vue du Monte-Nuovo, cône volcanique qui s'éleva dans la baie de Baia, le 29 septembre 1538.

Figure 27 (bis).

Vue du cratère du Vésuve avant l'éruption de 1767. Le centre est occupé par un petit cône d'éruption qui sert de cheminée au volcan.

Figure 28.

Cette figure et les suivantes sont destinées à représenter les rapports des couches de sédiment avec l'âge des soulèvemens. Celle-ci offre un bassin dans lequel se sont déposées des couches de sédiment qui sont horizontales et qui, par conséquent, n'ont subi aucun dérangement dans leur stratification.

Figure 29.

Dans cette figure, les couches de sédiment qui s'étaient déposées horizontalement ont été relevées par un soulèvement, c'est-à-dire que, dans cet exemple, les couches se redressent contre la chaîne de montagnes A, tandis qu'elles sont restées horizontales contre la chaîne B, ce qui prouve que la chaîne B est plus ancienne que les couches de sédiment, et la chaîne A plus moderne qu'elles, puisqu'elle les a dérangées en sortant.

Figure 30.

Coupe transversale d'une chaîne de montagne qui s'est frayé un passage sous des couches de sédiment qui ont été redressées sur les flancs de la masse soulevée. Le soulèvement est donc plus récent que les couches, puisqu'elles sont redressées.

Figure 31.

L'exemple est le même que dans la figure précédente, mais la matière soulevante s'est un peu déversée sur les couches de sédiment qui, d'un côté, semblent plonger sous la roche d'épanchement. Cette figure explique plusieurs superpositions de roches granitiques ou porphyriques sur des couches de sédiment.

Figure 32.

Le soulèvement ayant élevé une chaîne de montagne de telle manière que les pentes de la portion soulevée sont inégales, comme si elle avait éprouvé un mouvement de bascule, il en résulte que les couches B ont été redressées presque verticalement, tandis que les couches A moins disloquées et s'appuyant sur une pente plus douce, ont été bien moins redressées, quoique l'ayant été à la même époque.

Figure 33.

Le soulèvement de la masse C a dérangé la stratification des couches AA et BB, qui sont cependant d'âge et de nature différens. Or, puisque les couches BB, qui sont bien plus modernes que les autres, ont été redressées, il s'ensuit que le soulèvement est moderne, et que les couches anciennes AA n'ont été dérangées que long-temps après leur dépôt.

Figure 34.

La montagne D, en se soulevant, a redressé les couches AA, qui primitivement étaient horizontales : donc, elles sont antérieures au soulèvement de la montagne. Mais les couches B et la couche C qui la recouvre sont parfaitement horizontales. Il faut qu'elles aient été déposées après le redressement des couches AA; sans cela, elles seraient aussi redressées, et elles auraient été atteintes par le soulèvement. Ce dernier a donc eu lieu nécessairement entre le dépôt des couches AA et des couches B. Si l'âge de ces couches est bien déterminé, on connaîtra tout aussi exactement l'âge du soulèvement.

Figure 35.

Dans la figure précédente, la stratification est ce qu'on appelle discordante, puisque les couches horizontales viennent appliquer leurs tranches sur une couche verticale, et cette seule circonstance prouve qu'il y a eu discontinuité de dépôt entre les deux sortes de couches. Le soulèvement a séparé deux époques géologiques. Dans la figure 45, il y a concordance de stratification. Les couches redressées deviennent peu à peu horizontales, ce qui donne lieu de croire que le soulèvement a eu lieu pendant le dépôt, et qu'il ne l'a pas interrompu.

Figure 36.

Coupe verticale du volcan de Jorullo et de la plaine soulevée du Malpays, d'après M. de Humboldt. Toute cette plaine, autrefois cultivée, s'est soulevée tout-à-coup comme une vessie, en donnant naissance à une multitude de petits cônes basaltiques qui hérissent la surface bombée, et ont produit le long d'une crevasse six grandes buttes de scories, au centre desquelles se trouve le volcan de Jorullo, la principale bouche d'émission de cette région volcanique.

Figure 37.

Cette figure et les suivantes indiquent les différens états par lesquels passe un cratère de soulèvement pour devenir complet. Celle-ci n'offre qu'une surface horizontale au milieu de laquelle, au point A, doit sortir le piton central ou la masse soulevante.

Figure 38.

Coupe verticale du même terrain, dans l'intérieur duquel est figuré comme préexistant, le cône C qui fait effort pour sortir au point A.

Figures 39 *et* 40.

Surface horizontale du même terrain quand l'action soulevante a commencé. Un étoilement a eu lieu à la surface du sol au point A; les fractures se sont déjà opérées et les vallées de soulèvement sont sur le point d'être formées.

Figures 41 *et* 42.

Ces deux figures offrent le complément de cette action volcanique. La figure 41 offre le plan d'un véritable cratère de soulèvement, au centre

duquel existe le dôme soulevant qui a fracturé le sol, et formé des vallées larges à leur origine et rétrécies à leurs extrêmités.

La figure 42 est une coupe verticale de ce cratère, où l'on voit le dôme central relever et écarter la croûte brisée du sol pour se faire jour.

Figure 43.

Vue du cratère de soulèvement de Ténériffe, d'après M. de Buch.

Figure 44.

Vue du cratère de soulèvement de Santorin. Les îles de Santorin, Therasia et Aspronisi forment le cirque du cratère, tandis que les îles Kameni, qui en occupent le centre, sont la masse soulevante au moyen de laquelle l'intérieur du globe s'est mis sur ce point en communication avec l'extérieur.

La coupe jointe à ce plan donne une idée précise de cette action volcanique.

Figure 45.

Vue des îles Barren près des îles Nicoban. C'est un des cratères de soulèvement les plus réguliers. Le cône central est un volcan actif tout entouré d'eau, et enfermé dans une vaste enceinte dont les bords sont aussi élevés que son sommet.

Figure 46.

Soulèvement sans piton central. Des gaz, en cherchant à se frayer une issue, ont soulevé les terrains sous lesquels ils agissaient et ont occasionné une fissure par laquelle ils se sont dégagés. Les éboulemens et les alluvions ont ensuite nivelé le fond de la vallée qui doit sa forme à un soulèvement et à des érosions postérieures.

Figure 47.

Vue du lac Pavin ; grand cirque au milieu des terrains volcaniques de l'Auvergne, probablement formé par explosion pendant de violentes commotions, comme les petits cratères-lacs de la Calabre, dont l'origine date du tremblement de terre de 1783.

Figures 48 et 49.

Cette figure représente la croûte terrestre fracturée par le soulèvement linéaire d'une chaîne de montagne. Les trois points F F F sont

nécessairement beaucoup plus faibles que tous les autres. Ce sont aussi ceux que les volcans VV ont choisi pour se frayer une issue en dehors. C'est à cause de ces fractures que les bouches volcaniques s'établissent toujours sur la crête des montagnes ou à leur base, c'est-à-dire sur les lignes de fracture.

Dans quelques cas, comme dans la figure 49, des couches de sédiment appliquées comme en C sur la fracture, laisse l'issue plus libre du côté opposé et déterminent l'apparition des volcans sur un point plutôt que sur l'autre.

Figures 51, 52, 53, 54.

Ces différentes figures sont destinées à donner une idée des filons d'injection ou de l'épanchement des roches cristallisées dans celles de sédiment. On voit d'abord, fig. 51, un filon qui traverse une masse de terrain sans arriver au jour, tandis que par un plus grand effort, il sort et vient affleurer dans la fig. 52. Ce filon peut répandre autour de lui une portion de la matière dont il est composé, ce qui arrive fréquemment pour les filons de basalte, comme on le voit dans la fig. 54. Enfin, il peut être simplement le conduit par lequel des nappes de roches fondues se sont épanchées sur le sol ou se sont intercalées entre les couches, comme on peut le remarquer dans la fig. 54.

Figures 55 *et* 56.

Exemple de discordance dans la stratification, Couches horizontales appliquées sur des couches inclinées ou contournées, et indiquant par-là des phénomènes de bouleversement antérieurs au dépôt des couches horizontales.

Figures 57.

Exemple de croisement de filons et de leur direction dans les mines de Cornouailles.

Le filon AAA est un filon d'étain appartenant à un premier système. Il est coupé en B par le filon CC, qui est encore un filon d'étain, mais appartenant à un autre système, puisque sa direction est différente, et au lieu de continuer sa direction en D, il est porté en B et il se continue jusqu'en F. Là, il est coupé par un filon GH appartenant à un système étranger. Faisons abstraction pour un moment du filon LL dont nous n'avons pas encore parlé. Comme on retrouve ordinairement un filon coupé par un autre du côté de l'angle obtus, indiqué dans notre figure par l'ouverture pointillée I, le filon GH devrait se continuer en H, et le filon AA devrait se retrouver en K ; mais

il est survenu en dernier lieu un filon argileux LL qui, formé postérieurement et appartenant encore à un autre système, a coupé tous les autres et reporté le filon GH en G et le filon AA en A. On voit distinctement par-là que le filon AA, coupé partout, appartient au plus ancien système, le filon CC à un autre moins ancien, le filon GH à un système plus moderne encore, et enfin, le filon LL est un résultat du dernier accident qui a dérangé tout cet ensemble.

Figure 58.

On a cherché dans cette figure à donner une idée de l'aspect extérieur du globe à l'époque des dépôts jurassiques.

Le paysage représente un des canaux de l'embouchure d'un grand fleuve qui vient verser ses eaux dans la mer. On remarque à droite et à gauche des escarpemens de grès rouge ou de grès bigarré sur lesquels végètent diverses espèces de fougères en arbres, des cycadées, quelques liliacées et quelques conifères. Des plantes aquatiques se développent aussi sur le bord de l'eau, et l'on y voit voltiger des insectes analogues à nos libellules.

Quelques poissons, tels que le *dapedium politum*, et d'immenses reptiles parmi lesquels on distingue l'*ycticsaurus vulgaris*, nagent dans les eaux sur le premier plan, tandis que sur le sol on voit un *iguadon* et un *crocodile*. Sur le bord de l'eau se développe en rayonnant un *apiocrinites*; on aperçoit plus loin deux *plesiosaurus*, dont l'un guette une *ammonite*, tandis que l'autre arrête un *ptérodactile*. Deux de ces derniers animaux sont accrochés sur l'escarpement de droite; un troisième descend, en volant, pour les joindre. Une troupe de ces reptiles volans s'aperçoit au loin dans les airs. Un ycticsaurus tenuirostris est échoué sur la plage, à gauche, derrière un plesiosaurus. Il eût été facile de multiplier les espèces de ce singulier tableau; mais c'eût été peut-être trop s'éloigner de la nature que d'en réunir un plus grand nombre.

CLERMONT-FERRAND, IMPRIMERIE DE PEROL.